

PGCOMP - Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação
Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Av. Adhemar de Barros, s/n - Ondina
Salvador, BA, Brasil, 40170-110

<http://pgcomp.dcc.ufba.br>
pgcomp@ufba.br

Na tentativa de promover uma aprendizagem ativa, dinâmica e centrada no aluno, diversas instituições têm investido no uso de simuladores, jogos, laboratórios virtuais, e mais recentemente ambientes de redes experimentais (testbeds) como uma alternativa tecnológica para a realização de laboratórios práticos. Os testbeds já são utilizados como plataformas para apoio ao desenvolvimento de pesquisas na área de redes há um tempo, e é comum que com o passar do tempo as tecnologias empregadas na sua construção se consolidem e se tornem populares para a comunidade, possibilitando a expansão do seu uso para outras áreas além da pesquisa técnica, e é justamente nesse cenário, que observa-se uma oportunidade para o uso desses ambientes na educação. Porém, mesmo com as vantagens de proporcionar uma formação diferenciada aos alunos, já que os testes nos testbeds são realizados com equipamentos reais, seu uso no ensino ainda é baixo, uma vez que, não há um sistema que oriente o professor no uso desses ambientes para potencializar o processo de ensino e aprendizagem pelos alunos, tampouco há técnicas de avaliação que considerem suas especificidades. Neste sentido, apresentamos nesta dissertação dois produtos: o dispositivo de avaliação RUBIK, criado para permitir a avaliação de cursos que utilizam testbeds sob diferentes perspectivas e um Guia de Recomendações com recomendações básicas para orientar os professores na inserção dos testbeds em sala de aula. O objetivo do RUBIK é avaliar a efetividade dos testbeds no ensino de redes de computadores, bem como se tornar uma ferramenta genérica para avaliação de cursos que utilizam esses ambientes como infraestrutura tecnológica para realização de laboratórios práticos. O guia tem como objetivo contribuir para o processo de adoção dos testbeds em sala de aula, ampliando assim as oportunidades de aprendizagem dos alunos, a partir da aplicação de conceitos teóricos em situações práticas. Assim, os recursos apresentados nesta dissertação (RUBIK e Guia de Recomendações) contribuem para apoiar o professor através da sinalização de critérios importantes a serem considerados desde a fase de elaboração até a efetiva avaliação de cursos que utilizam testbeds como infraestrutura tecnológica para a realização de laboratórios práticos.

Palavras-chave: Testbeds, ensino e aprendizagem, redes de computadores, Informática na Educação.

Estratégias para Adoção das Redes Experimentais no Ensino de Redes de Computadores: Dispositivos para Orientação Docente

Jane Barbosa Santos

Dissertação de Mestrado

Universidade Federal da Bahia

Programa de Pós-Graduação em
Ciência da Computação

Dezembro | 2022

MSC | 149 | 2022

Estratégias para Adoção das Redes Experimentais no Ensino de Redes de Computadores:
Dispositivos para Orientação Docente

Jane Barbosa Santos

UFBA





Universidade Federal da Bahia
Instituto de Computação

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

**ESTRATÉGIAS PARA ADOÇÃO DAS REDES
EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE REDES
DE COMPUTADORES: DISPOSITIVOS
PARA ORIENTAÇÃO DOCENTE**

Jane Barbosa Santos

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Salvador
07 de dezembro de 2022

JANE BARBOSA SANTOS

**ESTRATÉGIAS PARA ADOÇÃO DAS REDES EXPERIMENTAIS
NO ENSINO DE REDES DE COMPUTADORES: DISPOSITIVOS
PARA ORIENTAÇÃO DOCENTE**

Esta Dissertação de Mestrado foi apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Orientador: Leobino Nascimento Sampaio
Coorientadora: Maria Carolina de Souza Sampaio

Salvador
07 de dezembro de 2022

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Universitária de
Ciências e Tecnologias Prof. Omar Catunda, SIBI – UFBA.

S237 Santos, Jane Barbosa

Estratégias para adoção das redes experimentais no ensino
de redes de computadores: dispositivos para orientação docente/
Jane Barbosa Santos. – Salvador, 2022.

172 f.

Orientador: Prof. Dr. Leobino Nascimento Sampaio

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Carolina de Souza Sampaio

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia.
Instituto de Computação, 2022.

1. Informática - Educação 2. Redes de Computação. 3.
Informática – Ensino. I. Sampaio, Leobino Nascimento. II.
Sampaio, Maria Carolina de Souza. III. Universidade Federal da
Bahia. IV. Título.

CDU 004:37




**Coordenador do Programa de Pós-graduação em
Ciência da Computação (PGCOMP)**

*“Estratégias Para Adoção Das Redes Experimentais No Ensino De
Redes De Computadores: Dispositivos Para Orientação Docente”*


Jane Barbosa Santos

Dissertação apresentada ao
Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência
da Computação na Universidade Federal da Bahia,
como requisito parcial para obtenção do Título de
Mestre em Ciência da Computação.


Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 LEOBINO NASCIMENTO SAMPAIO
Data: 08/12/2022 14:09:32-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>


Prof. Dr. Leobino Nascimento Sampaio (Orientador PGCOMP)

Documento assinado digitalmente
 MARIA CAROLINA DE SOUZA SAMPAIO
Data: 21/12/2022 14:11:16-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Profª. Dra. Maria Carolina Santos de Souza (Coorientadora)

Documento assinado digitalmente
 JOBERTO SERGIO BARBOSA MARTINS
Data: 14/12/2022 07:37:06-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Joberto Sérgio Barbosa Martins (UNIFACS)

Documento assinado digitalmente
 Ecivaldo de Souza Matos
Data: 20/12/2022 23:27:21-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Ecivaldo de Souza Matos (UFBA)

Dedico este trabalho a minha querida mãe Guilhermina dos Santos (em memória), cujo empenho em me proporcionar os estudos sempre esteve em primeiro lugar na sua vida. Aqui estão os resultados dos seus esforços. Com muita gratidão.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que em sua infinita bondade, se fez presente em cada segundo dessa trajetória, concedendo-me forças para superar os desafios dessa caminhada.

Ao meu orientador, Prof. Leobino, que mesmo sem me conhecer previamente, aceitou o desafio de me orientar. Gratidão pela paciência, palavras de incentivo e dedicação durante todo esse tempo.

A minha coorientadora, Prof^a Maria Carolina, pelo empenho, sugestões de leitura, infinitas correções e compreensão nos momentos difíceis.

Aos colegas do grupo de pesquisa INSERT, pelos questionamentos e contribuições durante as apresentações.

Aos meus pais, Guilhermina (em memória) e José, que sempre incentivaram e motivaram a realização desse sonho.

Também registro a importância das minhas irmãs, Ana Cláudia e Luciana, dos meus sobrinhos Marley e Théó (que alegam imensamente a minha vida), e do meu querido cunhado Nancival, que juntos ajudaram a cuidar de minha mãe para que eu pudesse me ausentar e viajar durante as aulas.

A minha amiga Jéssica, que mesmo sem entender nada da pesquisa, me emprestava seus ouvidos com entusiasmo e admiração durante os finais de semana.

Aos professores do programa e colegas de sala pela parceria nas disciplinas e nas tardes de estudos na UFBA.

Aos professores (sujeitos da pesquisa) que dedicaram um momento do seu tempo para responder o questionário desta pesquisa.

Carinhosamente, agradeço a minha prima e amiga Danielle, por me receber em sua casa durante os dias de aulas em Salvador, tornando as noites menos amargas e bem mais divertidas.

Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente, fizeram parte deste período da minha vida.

RESUMO

Na tentativa de promover uma aprendizagem ativa, dinâmica e centrada no aluno, diversas instituições têm investido no uso de simuladores, jogos, laboratórios virtuais, e mais recentemente ambientes de redes experimentais (*testbeds*) como uma alternativa tecnológica para a realização de laboratórios práticos. Os *testbeds* já são utilizados como plataformas para apoio ao desenvolvimento de pesquisas na área de redes há um tempo, e é comum que com o passar do tempo as tecnologias empregadas na sua construção se consolidem e se tornem populares para a comunidade, possibilitando a expansão do seu uso para outras áreas, além da pesquisa técnica, e é justamente nesse cenário, que observa-se uma oportunidade para o uso desses ambientes na educação. Porém, mesmo com as vantagens de proporcionar uma formação diferenciada aos alunos, já que os testes no *testbeds* são realizados com equipamentos reais, seu uso no ensino ainda é baixo, uma vez que, não há um sistema que oriente o professor no uso desses ambientes para potencializar o processo de ensino e aprendizagem pelos alunos, tampouco há técnicas de avaliação que considerem suas especificidades. Neste sentido, apresentamos nesta dissertação dois produtos: o dispositivo de avaliação RUBIK, criado para permitir a avaliação de cursos que utilizam *testbeds* sob diferentes perspectivas e um Guia de Recomendações com recomendações básicas para orientar os professores na inserção dos *testbeds* em sala de aula. O objetivo do RUBIK é avaliar a efetividade dos *testbeds* no ensino de redes de computadores, bem como se tornar uma ferramenta genérica para avaliação de cursos que utilizam esses ambientes como infraestrutura tecnológica para realização de laboratórios práticos. O guia tem como objetivo contribuir para o processo de adoção dos *testbeds* em sala de aula, ampliando assim as oportunidades de aprendizagem dos alunos, a partir da aplicação de conceitos teóricos em situações práticas. Assim, os recursos apresentados nesta dissertação (RUBIK e Guia de Recomendações) contribuem para apoiar o professor através da sinalização de critérios importantes a serem considerados desde a fase de elaboração até a efetiva avaliação de cursos que utilizam *testbeds* como infraestrutura tecnológica para realização de laboratórios práticos.

Palavras-chave: *Testbeds*, ensino e aprendizagem, redes de computadores, informática na educação.

ABSTRACT

In an attempt to promote active, dynamic and student-centered learning, several institutions have invested in the use of simulators, games, virtual laboratories, and more recently experimental network environments (*testbeds*) as a technological alternative for conducting practical laboratories. *Testbeds* have been used as platforms to support the development of research in the area of networks for some time, and it is common that over time the technologies used in their construction consolidate and become popular for the community, enabling the expansion of its use to other areas, in addition to technical research, and it is precisely in this scenario that there is an opportunity for the use of these environments in education. However, even with the advantages of providing a differentiated training to students, since the tests in *testbeds* are carried out with real equipment, their use in teaching is still low, since there is no system that guides the teacher in the use of these environments. to enhance the teaching and learning process by students, there are also evaluation techniques that consider their specificities. In this sense, we present in this dissertation two products: the RUBIK evaluation device, created to allow the evaluation of courses that use *testbeds* from different perspectives and a Recommendation Guide with basic recommendations to guide teachers in the insertion of *testbeds* in the classroom. The objective of RUBIK is to evaluate the effectiveness of *testbeds* in teaching computer networks, as well as to become a generic tool for the evaluation of courses that use these environments as a technological infrastructure to carry out practical laboratories. The guide aims to contribute to the process of adopting *testbeds* in the classroom, thus expanding students' learning opportunities, from the application of theoretical concepts in practical situations. Thus, the resources presented in this dissertation (RUBIK and Recommendations Guide) contribute to supporting the teacher by signaling important criteria to be considered from the elaboration phase to the effective evaluation of courses that use *testbeds* as technological infrastructure to carry out practical laboratories.

Keywords: *Testbeds*, teaching and learning, computer networks.

SUMÁRIO

Capítulo 1—INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivo Geral	3
1.2 Objetivos Específicos	3
1.3 Metodologia	4
Capítulo 2—AMBIENTES DE REDES EXPERIMENTAIS COMO ESPAÇOS PARA APRENDIZAGEM	7
2.1 Ambientes de Redes Experimentais	7
2.1.1 Testbed FIBRE	10
2.2 Ensino de Redes de Computadores em Ambientes de <i>Testbeds</i>	11
2.2.1 Análise das iniciativas coordenadas pela RNP	18
Capítulo 3—METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM - MAA	25
3.1 METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM NO ENSINO DE REDES DE COMPUTADORES	27
3.2 APRENDIZAGEM EXPERIENCIAL OU VIVENCIAL	31
Capítulo 4—RUBIK: DISPOSITIVO DE AVALIAÇÃO PARA CURSOS QUE UTILIZAM REDES EXPERIMENTAIS	39
4.1 Projeto Piloto: Curso SDN-IPS	40
4.2 Metodologias de Avaliação	41
4.3 Dispositivo de Avaliação RUBIK	45
4.3.1 Dimensão / indicador	51
Capítulo 5—AVALIAÇÃO MULTIDIMENSIONAL DO CURSO SDN-IPS ATRAVÉS DO RUBIK	55
5.1 Questionário Online com Professores Pesquisadores para Validação do RUBIK	63
5.2 Dimensão Pedagógica	64
5.2.1 Análise, desenvolvimento e organização do conteúdo didático	64
5.2.2 Ressignificação das práticas pedagógicas	66
5.2.3 Conscientização	68
5.2.4 Engajamento ativo	70

5.2.5	Análise das compreensões da categoria pedagógica pelos professores pesquisadores	71
5.3	Dimensão Avaliação	74
5.3.1	Análise das interações no AVA	74
5.3.2	Processos avaliativos	76
5.3.3	Grau satisfatório dos participantes	77
5.3.4	Aprendizagem efetiva	78
5.3.5	Análise das compreensões da categoria avaliação pelos professores pesquisadores	80
5.4	Dimensão Gestão	81
5.4.1	Adequação dos <i>testbeds</i> para uso no ensino	81
5.4.2	Capacitação profissional	82
5.4.3	Configuração de experimentos no <i>testbed</i>	83
5.4.4	Análise das compreensões da categoria gestão pelos professores pesquisadores	84
5.5	Dimensão Ética	87
5.5.1	Reeducação/modificação de perspectivas	87
5.5.2	Difusão de ideias na resolução de problemas	88
5.5.3	Reorganização de atitudes	90
5.5.4	Consciência ética	90
5.5.5	Análise das compreensões da categoria ética pelos professores pesquisadores	91
5.6	Dimensão Apoio aos Recursos	94
5.6.1	Suporte ao ambiente	94
5.6.2	Análise das compreensões da categoria apoio aos recursos pelos professores pesquisadores	95
5.7	Dimensão Design de Interface	96
5.7.1	Interface do AVA	97
5.7.2	Material didático interativo	98
5.7.3	Análise das compreensões da categoria design de interface pelos professores pesquisadores	99
5.8	Dimensão Tecnológica	100
5.8.1	Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC)	100
5.8.2	Inovação tecnológica	101
5.8.3	Manipulação das tecnologias no ensino	103
5.8.4	Análise das compreensões da categoria tecnológica pelos professores pesquisadores	104
5.9	Análise das Compreensões da Categoria Outros	106

Capítulo 7—CONSIDERAÇÕES FINAIS	145
7.1 Trabalhos Futuros	146
Apêndice A—Chamada de Incentivo FIBRE	153
Apêndice B—Matriz de Análise de Conteúdo	161
Apêndice C—Análise das Compreensões do Questionário Aplicado aos Profes- sores	167

LISTA DE FIGURAS

2.1	Distribuição de Ilhas no FIBRE	10
3.1	Estágios do modelo da Aprendizagem Experiencial	32
3.2	Questões dos Quadrantes do Ciclo da Aprendizagem	34
3.3	Papéis do Professor no Ciclo da Aprendizagem	36
4.1	Eixos Canônicos do Modelo de Avaliação	42
4.2	Arcabouço de Avaliação em EaD	43
4.3	Etapas de Construção do Dispositivo de Avaliação RUBIK	45
4.4	Primeira versão do RUBIK	46
4.5	Dispositivo RUBIK	47
5.1	Categoria de Cursos Realizados pelos Entrevistados	71
5.2	Motivações para uso de <i>testbeds</i>	72
5.3	Abordagens Pedagógicas Utilizadas	73
5.4	Dificuldades Pedagógicas Encontradas	74
5.5	Periodicidade da Avaliação Discente	80
5.6	Postura Docente	85
5.7	Postura Docente	85
5.8	Postura Docente	86
5.9	Objetivos do curso	87
5.10	Postura Discente	92
5.11	Postura Discente	92
5.12	Postura Discente	93
5.13	Habilidades e Competências a ser Desenvolvidas	94
5.14	Dificuldades técnicas do ambiente <i>Testbed</i>	96
5.15	Abordagens Pedagógicas Utilizadas	99
5.16	Objetivos do Uso de Sistemas de Gerenciamento da Aprendizagem	104
5.17	Aspectos Relevantes para o Uso de <i>Testbeds</i> no Ensino	106

LISTA DE TABELAS

1.1	Técnicas utilizadas na construção dos dispositivos	5
2.1	Lista de <i>Testbeds</i> e suas funcionalidades	9
2.2	Vantagens Técnicas X Vantagens Pedagógicas dos <i>Testbeds</i>	11
2.3	Síntese dos trabalhos que utilizam <i>testbeds</i> para o ensino	15
2.4	Análise dos tutoriais disponíveis no repositório FIBRE	19
3.1	Estratégias de Metodologias Ativas de Aprendizagem	26
3.2	Trabalhos relacionados: MAA no ensino de redes de computadores	28
3.3	Uso da Aprendizagem Experiencial em Ambientes de Laboratórios	37
4.1	Dimensões do Arcabouço de Khan	44
4.2	Indicadores de Avaliação	48
5.1	Indicadores de Avaliação	55
5.2	Característica dos Participantes da Pesquisa	63
5.3	Análise do conteúdo didático	65
5.4	Análise ressignificação das práticas pedagógicas	67
5.5	Análise do Indicador Conscientização	69
5.6	Análise do Indicador Engajamento Ativo	70
5.7	Análise do Indicador Análise das Interações no AVA	75
5.8	Análise do Indicador Processos Avaliativos	76
5.9	Análise do Indicador Grau Satisfatório dos Participantes	78
5.10	Análise do indicador Aprendizagem Efetiva	79
5.11	Análise do Indicador Adequação dos <i>Testbeds</i> para Uso no Ensino	82
5.12	Análise do Indicador Capacitação Profissional	83
5.13	Análise do Indicador Configuração de Experimentos no <i>Testbed</i>	84
5.14	Análise do Indicador Reeducação/Modificação de Perspectivas	88
5.15	Análise do Indicador Difusão de Ideias na Resolução de Problemas	89
5.16	Análise do Indicador Reorganização de Atitudes	90
5.17	Análise do Indicador Consciência Ética	91
5.18	Análise do Indicador Suporte ao Ambiente	95
5.19	Análise do Indicador Interface do AVA	97
5.20	Análise do Indicador Material Didático Interativo	98
5.21	Análise do Indicador Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação	101
5.22	Análise do Indicador Inovação Tecnológica	102
5.23	Análise do Indicador Manipulação das Tecnologias no Ensino	103
5.24	Síntese dos Indicadores de Avaliação do Dispositivo RUBIK	107

LISTA DE SIGLAS

FORGE	<i>Forging Online Education through FIRE</i>	1
FIRE	<i>Future Internet Research and Experimentation</i>	14
OFDM	<i>Orthogonal Frequency-Division Multiplexing</i>	1
RNP	Rede Nacional de Ensino e Pesquisa	146
FIBRE	<i>Future Internet Brazilian Environment for Experimentation</i>	39
MAA	Metodologias Ativas de Aprendizagem	73
IF	Internet do Futuro	10
SDN	<i>Software-Defined Networking</i>	40
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação	42
SDN	<i>Software-Defined Networking</i>	40
CAFe	Comunidade Acadêmica Federada	11
FPGA	<i>Field Programmable Gate Array</i>	14
HTML	<i>Hyper Text Markup Language</i>	14
MAA	Metodologias Ativas de Aprendizagem	73
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem	41
ABP	Aprendizagem Baseada em Projetos	28
RE	Robótica Educacional	28
ELT	<i>Experiential Learning Theory</i>	31
EC	Experiência Concreta	32
CA	Conceituação Abstrata	32
OR	Observação Reflexiva	32
EA	Experimentação Ativa	32
INSERT	INfraestrutura e Sistemas para Redes e Telecom	39
UFBA	Universidade Federal da Bahia	40
IPS	Intrusion Prevention System	40
LMS	Learning Management System	41
EaD	Educação a Distância	43

Capítulo

1

INTRODUÇÃO

Na área de redes de computadores a experiência prática adquirida em laboratório é necessária e fundamental para promover uma aprendizagem dinâmica, progressiva e centrada no aluno. Devido aos altos custos para implantação e manutenção de laboratórios físicos para experimentação nesta área, diversas instituições de ensino têm investido em alternativas menos onerosas para realização de atividades práticas, das quais se destacam os softwares simuladores/emuladores, os jogos sérios e os laboratórios virtuais imersivos.

Recentemente, iniciativas com o uso de ambientes de redes experimentais (*testbeds*) têm se mostrado uma alternativa interessante e promissora para uso em espaços educacionais. Os *testbeds* já são utilizados como plataformas para apoio ao desenvolvimento de pesquisas da área de redes de computadores há algum tempo e por isso, seu uso se deu predominantemente para fins de pesquisas técnicas dessa área (ANDRADE et al., 2018; COSTA et al., 2018; MACHADO et al., 2015; WERNER-ALLEN; SWIESKOWSKI; WELSH, 2005).

É comum que com o passar do tempo as tecnologias empregadas na construção da infraestrutura dos *testbeds* se consolidem e se tornem populares para a comunidade de redes de computadores, possibilitando a expansão do seu uso para outras áreas, além da pesquisa técnica. Nesse sentido, podem surgir novas parcerias e incentivos visando manter o *testbed* ativo e, é justamente nesse cenário que se observa uma oportunidade para uso desses ambientes na educação.

No contexto internacional, Mikroyannidis et al. (2017) comprovou através da iniciativa *Forging Online Education through FIRE* (FORGE) que os *testbeds* de redes de computadores podem contribuir com o processo de ensino e aprendizagem, já que permitem aos alunos obter certa autonomia em seu aprendizado, modificando assim a relação aluno-professor-aluno. A partir do uso da infraestrutura do *testbed Future Internet Research and Experimentation* (FIRE), Mikroyannidis et al. (2017) propôs experimentos nos quais os alunos investigaram fatores no uso do *Orthogonal Frequency-Division Multiplexing* (OFDM) para experimentos sem fio. Ao final do curso, o autor comprovou, por meio de questionários de avaliação, a concordância de 90% dos participantes do laboratório quanto ao auxílio que o uso do FIRE lhes deu na compreensão dos conceitos teóricos apresentados durante as aulas expositivas.

No contexto nacional, iniciativas coordenadas por instituições como a Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) buscam, a partir da consolidação e popularização dessas tecnologias, estimular o seu uso para fins educacionais. Trabalhos como os de Pedrosa et al. (2018), Brito, Ribeiro e Sampaio (2018) e Valenzuela e Amaral (2018) constataram que através do uso de *testbeds* foi possível oferecer ao aluno uma aprendizagem prática, progressiva, dinâmica e interativa, proporcionando maior envolvimento do discente com o conteúdo estudado. Além disso, outras características que favorecem o uso dos *testbeds* para o ensino são: i) os recursos computacionais disponíveis nos *testbeds* de redes podem oferecer uma experiência prática diferenciada aos alunos, já que são formados por equipamentos reais; ii) todos os recursos necessários para experimentação encontram-se disponíveis na própria rede, que pode ser acessada de qualquer lugar, proporcionando uma redução nos investimentos da própria instituição.

Apesar das vantagens mencionadas, a adoção dos *testbeds* no cenário educacional ainda encontra uma barreira para sua utilização: **a falta de orientação e capacitação docente para tal finalidade**. Neste sentido, desde o ano de 2015, a RNP estimula o uso de *testbeds* como infraestrutura tecnológica para realização de aulas práticas de laboratório em redes de computadores e sistemas distribuídos. Através de uma chamada de incentivo lançada naquele ano, a organização encorajou professores e alunos de universidades brasileiras a criarem exercícios práticos documentados em formato de vídeoaula e resolvidos no *testbed Future Internet Brazilian Environment for Experimentation* (FIBRE). O objetivo da chamada foi oferecer aos estudantes de computação um ambiente de experimentação real para testes, além de facilitar o primeiro contato deles e dos professores com o *testbed* FIBRE (CIUFFO et al., 2016). No ano de 2017, uma nova chamada fomentou a produção de material educacional com exercícios práticos a serem resolvidos nas aulas de redes de computadores e sistemas distribuídos.

Apesar dessas chamadas incentivarem o uso do *testbed* FIBRE em sala de aula, a RNP não oferece um treinamento ou material didático que oriente o professor nesta inserção, tampouco disponibiliza indicadores que permitam aos docentes avaliarem as suas práticas, verificando se atendem ou não aos requisitos das chamadas. Além disso, considerando que o uso de *testbeds* no ensino é algo recente, observa-se também uma carência de instrumentos de avaliação que permitam atestar a qualidade de cursos produzidos utilizando tal tecnologia.

Assim, apesar de os professores possuírem uma formação especializada, conhecimentos específicos da área, e serem, de modo geral, bons profissionais, alguns não são conhecedores da complexidade da prática pedagógica (que envolve estratégias de ensino, produção de material didático, técnicas de avaliação, etc.), e por isso, tendem a encontrar dificuldades em planejar e desenvolver atividades de ensino e aprendizagem nos ambientes de *testbeds*, as quais podem ocorrer devido a complexidade que envolve o trabalho de acrescentar uma abordagem mais prática às aulas (OLIVEIRA, 2018), adotando estratégias de ensino inadequadas ou mesmo integrando conhecimentos computacionais e pedagógicos.

Neste sentido, é comum que, ao utilizar *testbeds* para ensinar, os professores busquem adotar as mesmas metodologias e estratégias empregadas em laboratórios tradicionais, o que tende a tornar a experiência com os *testbeds* uma prática de ensino frustrada, já que laboratórios tradicionais ao contrário dos *testbeds* são caracterizados pela previsibilidade e

controle de recursos. Desta forma, é importante que os docentes busquem por estratégias de ensino diferenciadas para as suas aulas e que elas contemplem e superem as especificidades impostas pelos *testbeds*, como por exemplo, a indisponibilidade do ambiente e dos recursos durante um experimento.

Ademais, é importante destacar que, para se explorar de modo satisfatório as potencialidades dos *testbeds* no ensino, o professor precisa ir além do simples domínio instrumental do ambiente: é preciso que ele reconheça estar diante de um novo modelo de ensino no qual não cabe mais atuar como um mero transmissor de informações. Para isso, é importante disponibilizar recursos que o auxiliem, através da sinalização de critérios importantes a serem considerados durante o planejamento e avaliação de curso de redes de computadores utilizando *testbeds*, além de estimular uma aprendizagem dinâmica, progressiva e centrada no aluno, pois, caso contrário, tal inserção não passará de uma tentativa malsucedida de adoção de novas tecnologias na educação.

Atualmente, diversas infraestruturas de *testbeds* estão disponíveis de forma gratuita para serem utilizadas tanto na pesquisa quanto no ensino de redes de computadores, cabendo às instituições de ensino promover a sua integração para complementar a tradicional aula expositiva e impulsionar o processo de ensino e aprendizagem. Entretanto, a fim de que as potencialidades desses espaços sejam corretamente exploradas, é necessário que os professores estejam devidamente qualificados e aptos a trabalharem com esses ambientes.

Diante do exposto, destaca-se o seguinte questionamento como problema de pesquisa: **De que forma auxiliar os professores na utilização dos *testbeds* como infraestrutura técnico-pedagógica para realização de atividades práticas na disciplina de redes de computadores?**

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar as contribuições dos dispositivos de orientação docente (RUBIK e Guia de Recomendações) para auxiliar os professores na utilização dos *testbeds* como infraestrutura técnico-pedagógica para realização de atividades práticas na disciplina de redes de computadores.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar experiências de ensino de redes de computadores em ambientes de *testbeds*.
- Avaliar os materiais didáticos disponíveis no site da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP).
- Desenvolver um sistema de avaliação multidimensional para cursos de redes de computadores em ambientes de *testbeds*.
- Analisar as contribuições do sistema de avaliação a partir da sua aplicação em um curso de extensão de redes de computadores que utilizou *testbed* como infraestrutura tecnológica para realização de laboratórios práticos.

- Validar a importância e os benefícios do uso do sistema de avaliação na elaboração e avaliação de novos cursos.
- Desenvolver um guia de recomendações para uso de *testbeds* em sala de aula.

1.3 METODOLOGIA

A presente pesquisa se caracteriza, do ponto de vista da **natureza**, como uma **pesquisa aplicada**, buscando apresentar um conjunto prático de recomendações para o desenvolvimento e avaliação de cursos de redes de computadores em ambientes de *testbeds*. Quanto aos **objetivos** de pesquisa, ela se caracteriza como **exploratória**, já que a proposta de utilização de *testbeds* no ensino é algo relativamente novo e vem despertando o interesse da nova geração de professores pesquisadores. Além disso, este estudo busca investigar e explorar o uso dos *testbeds* como ambiente de ensino e aprendizagem na área de redes de computadores.

Quanto à **abordagem**, caracteriza-se como **qualiquantitativa**, buscando identificar e compreender o fenômeno relacionado à utilização dos *testbeds* em sala de aula a partir das experiências relatadas pelos sujeitos participantes desta pesquisa. Na abordagem qualitativa, os dados não podem ser mensurados quantitativamente, assim para compreender os resultados é necessário fazer uma análise subjetiva. No que se refere aos **procedimentos**, utilizamos a **análise do questionário** aplicado aos professores do curso SDN-IPS e a **análise dos materiais** gerados por este mesmo curso: questionário com alunos, material didático e interações nos fóruns de discussão, a **pesquisa bibliográfica** para coleta de produções acadêmicas relacionadas à temática deste estudo, a **pesquisa documental**, realizada nos materiais didáticos e chamadas de incentivo da RNP para uso do *testbed* FIBRE em sala de aula e a **análise do conteúdo** para avaliação do questionário online respondido por professores brasileiros que já utilizaram *testbeds* para práticas de ensino.

A pesquisa foi dividida em duas etapas: a construção de um sistema de avaliação para cursos que utilizam *testbeds* como infraestrutura tecnológica para realização de laboratórios práticos (RUBIK) e a elaboração de um guia de recomendações destinado aos professores de redes de computadores com orientações básicas para o uso de *testbeds* no ensino. O sistema de avaliação foi desenvolvido para que a experiência com o curso SDN-IPS pudesse ser avaliada de forma ampla e completa, já que o único instrumento avaliativo utilizado no decorrer do curso foi o questionário e como afirma Ribeiro et al. (2013) análises na forma de questionários não devem ser o único meio de avaliar um curso, pois como esse instrumento leva em consideração o *feedback* do aluno, pode apresentar respostas tendenciosas e influenciadas por docentes. A proposta de criação do guia de recomendações surgiu a partir dos resultados obtidos na aplicação do sistema de avaliação, os quais apontaram para um conjunto de sugestões a serem seguidas durante a elaboração de cursos utilizando *testbeds*. A tabela 1.1 apresenta as técnicas utilizadas na construção de cada um dos dispositivos citados.

Tabela 1.1: Técnicas utilizadas na construção dos dispositivos

Dispositivo	Técnicas Utilizadas
Sistema de Avaliação RUBIK	<ul style="list-style-type: none"> • Levantamento bibliográfico: artigos, livros e dissertações sobre o ensino de redes, métodos de avaliação e uso de <i>testbeds</i>. • Questionário: respondido pelos professores instrutores do curso SDN-IPS. • Análise documental: material didático, questionário respondido pelos alunos e fórum de discussão do curso SDN-IPS
Conjunto de Recomendações	<ul style="list-style-type: none"> • Levantamento bibliográfico: artigos e dissertações sobre o uso de <i>testbeds</i> no ensino, metodologias de ensino e métodos de avaliação. • Análise documental: chamadas de incentivo da RNP para uso do FIBRE em ambiente educacional e tutoriais resultantes delas. • Questionário online: aplicado a professores de redes de computadores com experiência no uso de <i>testbeds</i>. • Análise do conteúdo do questionário online realizado. • Análise dos resultados obtidos com a aplicação do sistema de avaliação RUBIK.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

O questionário online foi enviado para 14 professores de redes de computadores que possuem experiências com o uso de *testbeds* no ensino, tendo sido respondido por 06 desses docentes. O instrumento de pesquisa elaborado possui vinte e cinco perguntas, sendo 08 discursivas e dezessete objetivas, divididas em cinco seções: termo de consentimento livre e esclarecido, identificação dos participantes, informações sobre a experiência, caracterização do curso e outras informações.

O questionário foi desenvolvido por meio do aplicativo de gerenciamento de pesquisa Google Forms, ficando todos os participantes sujeitos às políticas de privacidade do pacote de ferramentas. As respostas coletadas foram utilizadas como insumos para a produção

de um guia de recomendações para o desenvolvimento e avaliação de cursos de redes de computadores em ambientes de *testbeds* disponível no Capítulo 6.

AMBIENTES DE REDES EXPERIMENTAIS COMO ESPAÇOS PARA APRENDIZAGEM

Com a dimensão global da Internet, diversas soluções foram adicionadas ao seu projeto inicial com o objetivo de atender a novas demandas da rede, bem como resolver problemas que não foram previstos anteriormente (KAMIENSKI et al., 2005). Apesar dos numerosos esforços de pesquisadores, tais soluções acabaram violando alguns preceitos básicos e levando a Internet a se tornar uma rede cheia de “remendos” (MOREIRA et al., 2009).

Nesse sentido, os desafios para sua evolução são grandes, o que demanda que suas soluções sejam analisadas, avaliadas e exaustivamente testadas em um ambiente que apresente características semelhantes a de uma rede como a Internet antes de serem oficialmente adotadas (MOREIRA et al., 2009). Com o objetivo de oferecer um ambiente para realização de testes que permitam evoluir o modelo atual da Internet, diversos estudos têm contribuído para a construção das chamadas redes experimentais.

As redes experimentais também conhecidas pelo termo *testbeds*, são ambientes para realização de testes que visam à criação e/ou validação de novas arquiteturas e protocolos de Internet do Futuro (IF) (PEDROSO et al., 2018). Criados com o objetivo inicial de oferecer aos pesquisadores um ambiente de experimentação similar aos encontrados nos meios de produção, os *testbeds* contribuem para o avanço da rede mundial de computadores.

Para melhor compreensão sobre o tema, este capítulo foi dividido em duas seções. A primeira aborda alguns conceitos técnicos relacionados aos *testbeds*, como, por exemplo, motivações para sua criação e principais características, além de apresentar exemplos e seus cenários de aplicação. A segunda seção retrata o uso dos *testbeds* como ambiente de ensino e aprendizagem na área de redes de computadores.

2.1 AMBIENTES DE REDES EXPERIMENTAIS

As redes experimentais ou simplesmente (*testbeds*) de redes de computadores consistem em um ambiente de computação onde pesquisadores têm a possibilidade de realizar variados experimentos em larga escala e estes contribuem para evoluir e/ou desenvolver novos

protocolos, arquiteturas e serviços em redes (TAVARES; RODRIGUES; SILVA, 2018). Assim, os *testbeds* desempenham um papel vital no desenvolvimento das tecnologias, pois capturam execuções realistas de software, o que levam a resultados que não são acessíveis por meio da simulação (BEUTEL et al., 2009).

Além disso, essas redes permitem a realização de testes controlados, contribuindo para comprovar a viabilidade econômica e técnica de soluções voltadas aos problemas da Internet, bem como para o seu avanço. Algumas características dos *testbeds* apresentadas por Monteiro (2012) são:

- Passível de ser usado por muitos usuários, ou seja, vários experimentos rodam ao mesmo tempo sem que um interfira na execução do outro, graças à possibilidade de alocação de recursos pelos experimentadores.
- Alguns podem ser programáveis utilizando por exemplo conceitos como o de *Software-Defined Networking* (SDN).
- Experimentos podem ser realizados em qualquer nível (desde o físico até o de aplicações).
- Os usuários podem se conectar mesmo estando em localizações remotas, ou seja, não é preciso que o experimentador esteja presente fisicamente na organização que hospeda o *testbed* para conseguir fazer uso de seus recursos.

Para realização de experimentos nos ambientes de *testbeds*, é necessário ao usuário experimentador passar por três etapas básicas: planejamento, implantação e execução. A fase de **planejamento** é aquela na qual o usuário define como o experimento será conduzido e quais recursos e ferramentas serão necessárias. Na fase de **implantação** acontece de fato a alocação dos recursos, a qual irá garantir que eles estarão disponíveis para o experimento no horário especificado. Por fim, a fase de **execução** corresponde ao controle do experimento. É nela que o usuário consegue iniciar, pausar, retomar, reiniciar e finalizar um experimento.

Além disso, a arquitetura dos *testbeds* de redes deve levar em consideração questões como: realização de experimentos de forma heterogênea e em ambiente real, recursos alocados elasticamente para os diferentes experimentadores do ambiente, oferta de ferramentas de monitoramento, além de ser capaz de controlar o acesso aos seus recursos por meio das políticas pré-estabelecidas (SALMITO et al., 2014). Atualmente, há diversas infraestruturas de *testbeds* disponíveis para pesquisa e a tabela 2.1 apresenta algumas dessas iniciativas.

Tabela 2.1: Lista de *Testbeds* e suas funcionalidades

<i>Testbed</i>	Objetivo
GENI	<i>Global Environment for Network Innovation</i> é uma infraestrutura aberta utilizada tanto para pesquisas na área de redes e segurança como para educação de redes e sistemas distribuídos. https://www.geni.net/
CLOUDNEXT	<i>Cloud ComputiNg Experimental Testbed</i> é um <i>testbed</i> para experimentação de computação em nuvem e experimentação em baremetal. https://www.atmosphere-eubrazil.eu/cloudnext-testbed
GidLab	Serviço que oferece diferentes infraestruturas de autorização e autenticação. É voltado para pesquisadores brasileiros interessados em realizar experimentos de gerenciamento de identidade e controle de acesso. https://www.rnp.br/en/servicos/experimentos-avancados/testbeds/gidlab
CORNET	O <i>Cognitive Radio Network Testbed</i> é uma coleção de 48 nós de rádio definidos por <i>softwares</i> que permite testes e desenvolvimento para rádios definidos por <i>softwares</i> , rádio cognitivo e acesso ao espectro dinâmico. https://cornet.wireless.vt.edu/
EMULAB	É uma plataforma de testes que oferece aos pesquisadores variados ambientes para o desenvolvimento, depuração e avaliação de sistemas. O EMULAB também tem sido utilizado para ministrar aulas de redes e sistemas distribuídos. https://www.emulab.net/portal/frontpage.php
5GINFIRE	Utilizado para experimentação em redes 5G baseadas em NFV e uso de nuvem. https://5ginfire.eu/5g-media-vertical-testbed/
LOFT	É um laboratório <i>OpenFlow</i> para testes de conformidade e desempenho. Seu objetivo é testar e homologar, de forma isenta e independente, equipamentos e controladores <i>openFlow</i> , bem como avaliar a performance dos mesmos. http://loft.rnp.br/index.html
PANACEA'S CLOUD	É uma plataforma para segurança pública que incorpora Internet das Coisas (IoT) a fim de fornecer o suporte ideal durante uma emergência, funcionando como uma infraestrutura de comunicação e coordenação em situações de desastres. https://panaceascloud.wordpress.com/
ORBIT	<i>Open-Access Research Testbed for Next-Generation Wireless Networks</i> é um emulador para teste no campo de rede sem fio de duas camadas projetado para alcançar experimentação reproduzível, ao mesmo tempo que oferece suporte a avaliações realistas de protocolos e aplicativos. https://www.orbit-lab.org/

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Os pesquisadores interessados em utilizar as infraestruturas dos *testbeds* de redes citados podem acessar seus respectivos sites e solicitar a criação de uma conta de um usuário experimentador. Na próxima seção, será detalhado o *testbed* de manutenção

brasileira *Future Internet Brazilian Environment for Experimentation* (FIBRE) que foi adotado no curso de extensão SDN-IPS (descrito no capítulo 4) e por isso será melhor detalhado na seção seguinte.

2.1.1 Testbed FIBRE

O *Future Internet Brazilian Environment for Experimentation* (FIBRE) é um ambiente de experimentação que foi construído por meio da primeira chamada coordenada entre Brasil e Europa em Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC), no ano de 2010, com o objetivo de promover pesquisas em Internet do Futuro (IF) no Brasil (ARAÚJO et al., 2019; TAVARES; RODRIGUES; SILVA, 2018). Em 2015, a Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) assumiu a infraestrutura legada do *testbed* FIBRE e passou a oferecê-lo como serviço experimental, o que alterou todo o modelo de governança e políticas de acesso ao ambiente.

A infraestrutura do *testbed* FIBRE é composta por um conjunto de equipamentos físicos ou virtuais que são denominados ilhas de experimentação, as quais estão localizadas em variadas instituições de ensino e pesquisa brasileiras e também estrangeiras. Cada ilha possui suas políticas de acesso, podendo interligar seus recursos locais específicos para o *testbed*. Elas também possuem “um núcleo comum de switches OpenFlow, bem como um conjunto de servidores de virtualização para processamento e armazenamento, e, opcionalmente, um conjunto de nós sem fios virtuais.” (CIUFFO et al., 2016, p.02). A figura 2.1 representa a distribuição de ilhas no FIBRE.

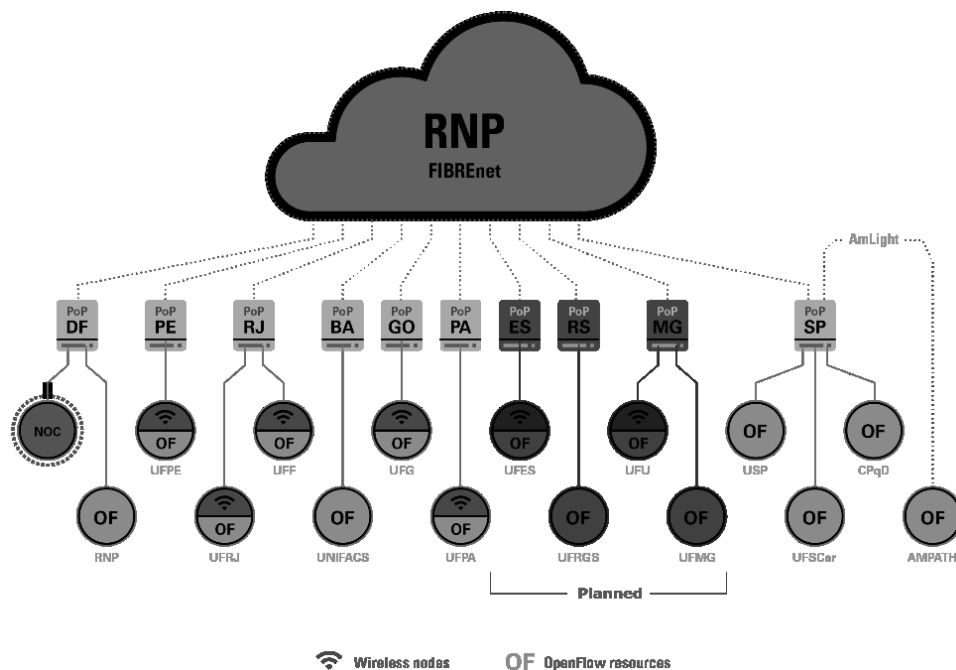


Figura 2.1 Distribuição de Ilhas no FIBRE
Fonte: Adaptada de (CIUFFO et al., 2016, p.02).

As ilhas de experimentação do FIBRE são interligadas por meio de uma infraestrutura *Software-Defined Networking* (SDN) chamada FIBREnet, “composta de switches SDN OpenFlow e enlaces de rede em camada 2 sobrepostos ao backbone da RNP (Rede Ipê). O FIBREnet representa a maneira ideal de conectar as ilhas, através de links dedicados” (ARAÚJO et al., 2019, p.04). Com o decorrer do projeto, a arquitetura do FIBREnet também passou por diversas atualizações e hoje encontra-se mais estável para prover evoluções do *testbed* como um todo.

Atualmente, o FIBRE é utilizado tanto para pesquisa quanto para ensino de redes de computadores, funcionando como uma infraestrutura tecnológica para promover o ensino e a aprendizagem de conteúdos de redes de computadores. Para conseguir acessar o ambiente, os experimentadores devem ser credenciados por meio de uma autenticação concedida pela federação brasileira de identidade acadêmica, conhecida pelo termo Comunidade Acadêmica Federada (CAFe), entretanto a interface web (portal de experimentação) provida pelo *testbed* FIBRE suporta ainda uma autenticação para pesquisadores que não têm acesso a uma conta federada.

2.2 ENSINO DE REDES DE COMPUTADORES EM AMBIENTES DE TESTBEDS

Como já mencionado, os *testbeds*, além de úteis para experimentos replicáveis, também podem ser utilizados como ambientes de formação para a promoção do ensino e aprendizagem em redes de computadores (CIUFFO et al., 2016). O uso desses ambientes no ensino contribui para capacitar e/ou especializar professores e alunos, visto que promove o desenvolvimento de projetos práticos em diversas áreas. A tabela 2.2 apresenta os benefícios da utilização desses ambientes para educação, fazendo um comparativo com suas vantagens técnicas apresentadas na seção anterior.

Tabela 2.2: Vantagens Técnicas X Vantagens Pedagógicas dos *Testbeds*

Características	Vantagens Técnicas	Vantagens Pedagógicas
Usável por muitos usuários	Graças à alocação de recursos, vários experimentos rodam na mesma infraestrutura e ao mesmo tempo, sem que um interfira no outro.	Realização de práticas simultâneas a depender das necessidades de aprendizagem dos alunos.
Programabilidade da infraestrutura do <i>testbed</i>	Possível graças a conceitos como o de <i>Software-Defined Networking</i> (SDN).	A capacidade de programação contribui para o exercício da autonomia e da autoria por parte do aluno.

Continua na próxima página

Tabela 2.2 – Continuação da página anterior

Características	Vantagens Técnicas	Vantagens Pedagógicas
Variados níveis	Experimentos desde o nível físico até o nível de aplicações.	Flexibilidade para o desenvolvimento de diferentes níveis de complexidade dos experimentos, permitindo que o professor considere os saberes prévios dos alunos.
Conexões Remotas	Não é preciso estar presente fisicamente na instituição que hospeda o <i>testbed</i> para conseguir utilizar sua infraestrutura.	Flexibilidade em relação ao tempo e espaço, ao permitir que o acesso ao ambiente ocorra também remotamente e a qualquer hora.
Rede e equipamentos reais	Acesso a equipamentos com novos recursos e tecnologias.	Realização de práticas de situações reais como as que acontecem nos ambientes de produção.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Como os objetivos iniciais da construção dos *testbeds* eram exclusivos na área de pesquisa, é comum que esses ambientes não tenham sido exaustivamente explorados para fins de ensino e, com isso, são poucas as iniciativas que fomentam seu uso com finalidades didáticas. Entretanto, a partir da consolidação e popularização das tecnologias empregadas em um *testbed* de redes, esses ambientes passaram a beneficiar um número mais amplo de atividades e é nesse contexto que se encaixam as ações de ensino de redes de computadores.

Além disso, quando uma pesquisa que foi proposta para ser desenvolvida no *testbed* é encerrada, seja por finalização ou descontinuação, a infraestrutura montada para os experimentos deixa de ser utilizada pelos pesquisadores, pois não atende mais às necessidades básicas do estudo. Como o ambiente de *testbed* é composto por uma rede real e equipamentos reais, surge a possibilidade de aproveitar essa mesma infraestrutura para promover atividades práticas de ensino, já que nas disciplinas de redes é importante que o aluno veja a execução de suas tarefas em um ambiente real.

Nesse contexto, é comum que instituições voltadas para o ensino deem continuidade a esses *testbeds*. Atualmente, organizações como a Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), no Brasil, e a *NYU Polytechnic School of Engineering*, nos **EUA!** (**EUA!**), têm estimulado o uso de *testbeds* para promover a melhoria do processo de ensino e aprendizagem na área de redes de computadores. Ambas as iniciativas disponibilizam em seus portais¹ de acesso público, tutoriais com um passo a passo para a realização de um

¹FIBRE in the classroom. <https://www.fibre.org.br/fibre-in-the-classroom/> Acessado em 05 de abril de 2022 e Classroom-as-a-service-WITest. <https://witestlab.poly.edu/site/page/classroom> Acessado em 05 de abril de 2022

conjunto de experimentos práticos a serem feitos com alunos de redes através do uso de *testbeds*.

Esses materiais disponibilizados contribuem para disseminar o uso dos *testbeds* em sala de aula e assim ofertar aos alunos uma experiência prática diferenciada daquela oferecida em laboratórios tradicionais de ensino, comumente baseados no uso de softwares simuladores. Com o uso dos *testbeds* de redes é possível oferecer aos estudantes e professores uma plataforma de testes real e com características similares às aquelas encontradas em redes de produção (VALENZUELA; AMARAL, 2018), o que tende a proporcionar maior entusiasmo e identificação dos discentes com as atividades práticas e com o conteúdo teórico estudado. Ademais, *testbeds* podem ser acessados de qualquer espaço, necessitando apenas de um computador com acesso à Internet.

No ano de 2015, a RNP lançou a primeira chamada² de incentivo para fomentar o uso do *testbed* FIBRE em sala de aula (o texto da chamada na íntegra pode ser visto no Apêndice A deste trabalho). Nela, professores e alunos foram estimulados a propor exercícios práticos a serem resolvidos no *Future Internet Brazilian Environment for Experimentation* (FIBRE), os quais foram pré-selecionados do livro “**Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down**” de Kurose e Ross (2014) e que, depois de solucionados, deveriam ser documentados no formato de vídeoaula para uso nas disciplinas de redes por outros docentes.

Segundo o organizador da ideia, Leandro Ciuffo, a chamada tinha como objetivo incentivar o uso educacional da plataforma, bem como familiarizar alunos e professores com *testbeds* e redes programáveis. Além disso, as resoluções documentadas serviriam para compor um repositório de exercícios práticos resolvidos no FIBRE, de forma que esses pudessem ser utilizados por outros professores em suas disciplinas. A chamada resultou na seleção de (três) candidatos e cada um tinha a tarefa de resolver e documentar um dos exercícios daqueles pré-selecionados do livro de Kurose e Ross (2014).

No ano de 2017, a RNP lançou uma nova chamada de incentivo para o uso do FIBRE em sala de aula e apesar de ser a segunda vez que a organização promovia este tipo de convocação, foi a primeira com foco na produção de material educacional. As propostas foram submetidas por meio de um formulário eletrônico e deveriam conter informações sobre a descrição do exercício, além de uma previsão dos recursos computacionais a serem utilizados na resolução da tarefa.

Como resultado dessas chamadas foram produzidos tutoriais que descrevem diversos experimentos na área de redes de computadores e que podem ser facilmente replicados por quaisquer professores de redes em suas aulas. Os tutoriais estão disponíveis no repositório criado pela FIBRE para este propósito e serão analisados na subseção seguinte deste trabalho.

Antes das chamadas de incentivo produzidas pela RNP, poucos trabalhos envolvendo o uso do *testbed* FIBRE para o ensino apareciam nas buscas de literatura. A partir desses eventos, trabalhos relatando o uso do *testbed* FIBRE no ambiente educacional começaram a ganhar destaque na comunidade de redes, em especial: **Experiências com**

²Call for video lectures using FIBRE. <https://www.fibre.org.br/call-for-video-lectures-using-fibre/> Acessado em 05 de abril de 2022

o uso da ferramenta **SDN-IPS no testbed FIBRE para práticas de ensino de redes e cibersegurança** (BRITO; RIBEIRO; SAMPAIO, 2018)), **Simulação de ambientes de redes utilizando a testbed FIBRE - aplicações na pesquisa e no ensino** (PEDROSO et al., 2018) e **Laboratório de roteamento BGP para ambiente educacional no testbed FIBRE** (VALENZUELA; AMARAL, 2018).

No trabalho de Brito, Ribeiro e Sampaio (2018), os autores desenvolveram um curso de extensão a partir do uso da ferramenta SDN-IPS (mesma autoria) para ensinar conceitos de redes e segurança. O objetivo do trabalho foi viabilizar, através da ferramenta e do *testbed* FIBRE, uma aprendizagem progressiva, consistente e com foco na solução de problemas similares aos que ocorrem no mundo real.

O curso teve duração de 2 (dois) meses e contou com a participação de 21 alunos de graduação e pós-graduação, além de trabalhadores especialistas da área de redes de computadores. Para constatar o impacto do FIBRE na aprendizagem dos discentes, os autores aplicaram um questionário avaliativo e constataram que através da experiência foi possível enriquecer o processo de ensino e aprendizagem, alcançando um equilíbrio entre exposição teórica e experimentação prática.

Pedroso et al. (2018) utilizaram o *testbed* FIBRE para compor um protótipo que permitia a experimentação do plano de dados de uma rede, bem como a reprogramação de *Field Programmable Gate Array* (FPGA). O objetivo era auxiliar a pesquisa e o ensino de redes de computadores, proporcionando aos professores, alunos e pesquisadores da área um ambiente de testes flexível e de fácil provisionamento, permitindo assim, testes, validações e demonstrações de novas tecnologias e padrões de redes.

Apesar de não realizar cursos para experimentar o impacto do protótipo na aprendizagem estudantil, os autores detalharam no decorrer do trabalho trechos de experimentos que podem ser facilmente replicados por professores em sala de aula. Além disso, os autores acreditam que através do uso do FIBRE é possível criar um ambiente onde os docentes consigam demonstrar de forma prática e interativa como os sistemas de rede operam e como isso motivar o aluno para o aprendizado de redes.

Valenzuela e Amaral (2018) descreveram em seu trabalho a implementação de um laboratório educacional de roteamento dinâmico desenvolvido por meio da infraestrutura do *testbed* FIBRE. Apesar de não terem utilizado o laboratório em termos práticos, os autores afirmam que através do sistema desenvolvido é possível criar topologias inteiras para o ensino de redes de computadores de forma mais próxima da realidade.

Além desses trabalhos, uma iniciativa que também se destacou foi o estudo de Mikroyannidis et al. (2017) no qual os autores, através do *testbed Future Internet Research and Experimentation* (FIRE), produziram uma variedade de cursos do domínio de redes de computadores e comunicações por meio da estrutura FORGEBox. A FORGEBox fornece recursos para criação de material online baseado em *Hyper Text Markup Language* (HTML) que facilitam o acesso à infraestrutura do *testbed* FIRE. Assim, foi possível aos autores realizarem experiências de cursos utilizando o *testbed* com mais de 1.800 alunos em 10 países ao redor do mundo, incluindo o Brasil. A avaliação dos cursos foi realizada através de questionários que constataram que o uso do *testbed* FIRE para realização de experimentos práticos contribuiu para facilitar o aprendizado estudantil em relação aos conceitos teóricos apresentados por meio das aulas expositivas. A tabela 2.3

apresenta uma síntese dos trabalhos aqui mencionados e que utilizaram *testbeds* para o ensino de redes.

Tabela 2.3: Síntese dos trabalhos que utilizam *testbeds* para o ensino

Trabalho	<i>Testbed</i>	Objetivo	Pontos Fortes	Pontos Fracos
Experiências com o uso da ferramenta SDN-IPS no testbed FIBRE para práticas de ensino de redes e cibersegurança (BRITO; RIBEIRO; SAM-PAIO, 2018)	<i>FIBRE</i>	Viabilizar, através da ferramenta SDN-IPS e do <i>testbed</i> FIBRE, um curso de extensão, promovendo uma aprendizagem progressiva, consistente e com foco na solução de problemas similares aos que ocorrem no mundo real.	Satisfação dos alunos com o curso. Equilíbrio entre conteúdo teórico e atividade prática. Adequação da metodologia de ensino utilizada. Material didático capaz de guiar o aluno na realização das atividades práticas, sem necessidade do professor.	Instabilidade da infraestrutura durante os experimentos. Ausência de critérios de avaliação precisos. Exige um conhecimento mais avançado na área de redes e segurança.
Continua na próxima página				

Tabela 2.3 – Continuação da página anterior

Trabalho	Testbed	Objetivo	Pontos Fortes	Pontos Fracos
Simulação de ambientes de redes utilizando a testbed FIBRE - aplicações na pesquisa e no ensino (PE-DROSO et al., 2018)	FIBRE	Criação de um protótipo que permite a experimentação do plano de dados de uma rede, bem como a reprogramação de FPGA, com o objetivo de auxiliar a pesquisa e o ensino de redes de computadores.	Controlar o plano de dados e ao mesmo tempo reprogramar um hardware FPGA. Máquinas NetFPGA e <i>switches open-flow</i> . Trecho de experimento de roteamento utilizando placas NetFPGAs, o que pode ser facilmente replicado por professores. Possibilidade de realizar práticas demonstrando como os sistemas de rede operam.	Ausência de testes com alunos para validar os benefícios do protótipo para o processo de ensino e aprendizagem de redes de computadores.
Laboratório de roteamento BGP para ambiente educacional no <i>testbed</i> FIBRE (VALENZUELA; AMARAL, 2018)	FIBRE	Desenvolvimento de um laboratório educacional de roteamento dinâmico para comunicação entre sistemas autônomos distintos.	Comunicação entre dois sistemas autônomos distintos. Criar roteador BGP de forma prática e rápida. Possibilidade de adicionar novos roteadores ou VLANs com facilidade. Criar topologias inteiras para o ensino de redes.	Ausência de testes com alunos que permitissem atestar os benefícios do laboratório desenvolvido para o processo de ensino e aprendizagem de redes de computadores.

Continua na próxima página

Tabela 2.3 – Continuação da página anterior

Trabalho	<i>Testbed</i>	Objetivo	Pontos Fortes	Pontos Fracos
FORGE: An eLearning Framework for Remote Laboratory Experimentation on FIRE Testbed Infrastructure (MIKROYAN-NIDIS et al., 2017)	FIRE	Criação da estrutura FORGEBox para permitir que os alunos da área de redes criem e conduzam experimentos utilizando recursos de aprendizado interativo por meio da infraestrutura do <i>testbed</i> FIRE.	Experimentos interativos Estrutura FORGEBox com metodologia, ambiente e ferramentas para criação de material educacional. Cursos de experimentação abrangendo um amplo domínio da área de redes e comunicação. Bom impacto do uso de <i>testbeds</i> na aprendizagem estudantil. Uso do <i>Learning Analytics</i> para coleta e análise de dados sobre os alunos.	Desafios de segurança já que os experimentos são executados em um servidor web. Ausência de um sistema de reserva para todas as instalações do FIRE.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Além da RNP, há iniciativas internacionais que também incentivam o uso de *testbeds* no cenário educacional. É o caso do **NYU classroom-as-a-service** e do **GENI Education**.³ O *NYU classroom-as-a-service* oferece um ambiente de laboratório com uma série de exercícios práticos a serem executados no WiMAX GENI. Até o momento, ele já foi testado em 5 cursos de 3 universidades, com a participação de mais de 180 alunos. No site, é possível encontrar, além das instruções para realização de laboratórios, um painel de monitoramento que permite aos professores acompanhar o progresso dos estudantes, assim, as tarefas podem ser realizadas tanto de um laboratório em sala de aula quanto da própria casa do discente.

O *GENI Education* é uma iniciativa criada pelo grupo da rede da Universidade da Carolina do Norte e oferece um conjunto de módulos para auxiliar cursos que utilizam recursos do *testbed* GENI. Todos os módulos disponíveis no site são baseados nos conceitos retirados de redes de computadores para orientar os alunos a explorar as redes do futuro.

³GENI Setup - GENI Education - UNC Computer Science. <https://www.cs.unc.edu/Research/geni/geniEdu/00-Setup.html> Acessado em 05 de abril de 2022

O *GENI Education* é ainda uma iniciativa aberta que possibilita aos professores enviar sugestões de módulos que gostariam de ver disponíveis no portal.

Apesar dessas iniciativas estarem ganhando destaque no cenário nacional e internacional, observa-se ainda uma carência de critérios que permitam aos docentes utilizarem *testbeds* em suas aulas de redes a fim promover exercícios práticos. A partir disso, é importante destacar que a proposta de criação do RUBIK, apresentado nesta dissertação, surge a partir do trabalho de Brito, Ribeiro e Sampaio (2018), no qual se verificou que nem a RNP nem qualquer outra organização que estimula o uso de *testbeds* com foco educacional fornece aos professores orientações práticas de como promover a inserção desses ambientes em sala de aula, tampouco estabelece critérios avaliativos que permitam a estes profissionais avaliar suas experiências.

Assim, iniciativas que orientam, através de materiais educacionais, o uso desses ambientes para educação servem como um ponto de partida para professores que desejam utilizá-los em suas aulas mas não sabem quais critérios adotar a fim de obter uma experiência satisfatória. Como forma de identificar pontos fortes e fracos das práticas envolvendo o uso de *testbeds* no Brasil, é apresentada na subseção seguinte, uma análise dos materiais produzidos pelas chamadas de incentivo da RNP.

2.2.1 Análise das iniciativas coordenadas pela RNP

No repositório de materiais didáticos da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), é possível encontrar um conjunto de tutoriais com o passo a passo para a configuração de alguns experimentos no *testbed Future Internet Brazilian Environment for Experimentation* (FIBRE). Através desses materiais, professores de variadas instituições têm a possibilidade de replicar tais experimentos em suas aulas. Entretanto, observa-se que apesar do FIBRE ter passado por algumas políticas de atualizações em relação ao seu acesso, nem todos os tutoriais foram atualizados a partir das novas regras. Dos 12 exercícios de laboratórios disponíveis na plataforma, apenas 4 (quatro) atendem às novas regras e foram analisados aqui.

A lista de exercícios práticos atualizados inclui os seguintes tutoriais: **Sistema de Prevenção de Intrusão baseado em SDN/OpenFlow, Implementação da comunicação direta entre máquinas via socket, Tutorial de isolamento de tráfego em camada 3 (transporte) como se fosse camada 2 (endereçamento) usando o protocolo VXLAN e OMF6 Hello World**. O OMF6 é um tutorial de orientação para acesso e configuração de uma conta no portal FIBRE e por isso não foi analisado.

Para avaliação dos tutoriais, foi aplicada a técnica de análise documental, através da qual se observaram critérios como: a estrutura do material, o tipo de linguagem empregada na sua construção, os recursos visuais utilizados, se existiam notas de licenciamento, se possuía fundamentação teórica sobre o tema, buscando facilitar a compreensão do conteúdo para posterior configuração dos experimentos, entre outros critérios. O objetivo dessa análise foi buscar padrões nos materiais já desenvolvidos para assim facilitar a criação de novos tutoriais por outros professores, além de verificar se os documentos disponibilizados eram autossuficientes para que qualquer pessoa conseguisse realizar os experimentos descritos. A tabela 2.4 apresenta os resultados da análise realizada.

Tabela 2.4: Análise dos tutoriais disponíveis no repositório FIBRE

Critérios	Tutoriais Analisados		
Tutorial e Autor	Sistema de Prevenção de Intrusão baseado em SDN/OpenFlow (VALCY; RIBEIRO; SAMPAIO, 2018)	Implementação da comunicação direta entre máquinas via socket (RAMOS,)	Tutorial de isolamento de tráfego em camada 3 (transporte) como se fosse camada 2 (endereçamento) usando o protocolo VXLAN (RODRIGUES, 2019)
Objetivos do Tutorial	Criação de um experimento SDN usando o FIBRE que permite implantar e testar um sistema de detecção de intrusos integrado com um controlador OpenFlow capaz de identificar ataques cibernéticos em um ambiente com múltiplos sistemas autônomos se comunicando via BGP	Contribuir para o entendimento da camada de transporte a partir dos estudos dos protocolos UDP e TCP a fim de produzir um sistema para troca de mensagens através desses dois protocolos e construir um sistema de monitoramento de recursos computacionais a partir de um deles.	Mostrar como o protocolo VXLAN pode ser utilizado tanto para entender uma LAN como para isolar tráfegos entre recursos computacionais (computadores, máquinas virtuais e/ou <i>containers</i>), sem a necessidade de configuração de nós intermediários.

Continua na próxima página

Tabela 2.4 – Continuação da página anterior

Critérios			
Estrutura do Material	<p>Todo o material apresentava grau de dificuldade gradativo, ou seja, o conteúdo estava dividido em blocos que iam se aprofundando à medida que o aluno avançava nos estudos. Essa estrutura contribui para o aprendizado, pois impede que o aluno avance uma etapa sem ter os conhecimentos necessários para a fase subsequente. Além disso, ao final do tutorial, é possível encontrar um resumo geral do conteúdo e as principais lições aprendidas.</p>	<p>O material não apresenta uma divisão de conteúdos em blocos, assim, é apresentada toda a fundamentação teórica do tema para só então chegar às atividades práticas.</p>	<p>Não havia uma estrutura bem definida do material. Eram apresentados alguns conceitos e em seguida iniciava-se a descrição e configuração dos experimentos. O tutorial disponibiliza, ao final, uma seção com apresentação de ferramentas que permitem realizar testes de desempenho na rede, todas com os comandos necessários para sua instalação.</p>
Tipo de Linguagem	<p>Não apresenta linguagem dialógica, porém possui uma linguagem simples e interativa que facilita a compressão por meio dos diversos recursos visuais disponíveis no tutorial. Possui leitura fácil e é condizente com as habilidades propostas a serem desenvolvidas com a execução da atividade.</p>	<p>Não apresenta linguagem dialógica. Na fundamentação teórica, possui uma linguagem mais técnica e, devido a ausência de ilustrações, o entendimento se torna mais complexo.</p>	<p>Não apresenta linguagem dialógica. A ausência de ilustrações e/ou recortes da tela tornam o entendimento do conteúdo complexo. Havia trechos de códigos no decorrer do tutorial, porém, eles não estavam devidamente explicados, dificultando o entendimento.</p>
Continua na próxima página			

Tabela 2.4 – Continuação da página anterior

Critérios			
Recursos Visuais	É possível encontrar diversos recursos visuais que ajudam na compreensão do conteúdo (imagens das topologias da rede, das ilhas do FIBRE, etc). Além disso, todo o passo a passo para realizar as configurações do experimento é ilustrado por meio de imagens, o que facilita a realização das atividades.	Na fundamentação teórica, são poucos os recursos visuais utilizados. Na configuração dos experimentos, há um passo a passo com prints e recortes de tela que possibilitam a qualquer usuário reproduzir fielmente as tarefas.	Não apresenta nenhum tipo de recurso visual. Não havia imagens das telas de configuração do experimento, o que dificulta a visualização e o entendimento das tarefas.
Notas de Licenciamento	Possui notas claras de licenciamento sob os termos da licença Creative Commons CC BY-NC-SA 4.0.	As informações sobre as notas de licenciamento indicam apenas que o tutorial é resultado de uma chamada aberta do FIBRE para estimular o uso de <i>testbeds</i> no ambiente educacional.	Não havia nenhuma informação sobre o termo de licenciamento do material.

Continua na próxima página

Tabela 2.4 – Continuação da página anterior

Critérios			
Fundamentação teórica	Havia uma boa fundamentação teórica no início do tutorial, com uma introdução sobre o assunto e sua relevância e objetivos. No começo de cada módulo também era possível encontrar uma breve contextualização dos principais conceitos a serem trabalhados, o que permitia uma visão ampla sobre o que seria estudado. Todo o conteúdo teórico era condizente com os exercícios de fixação e suficiente para a configuração dos roteiros de laboratório propostos.	A fundamentação teórica aparece no início do tutorial, não apresentando muitas figuras para ilustração do cenário. Apesar disso, segue uma boa sequência didática, com conteúdos que se relacionam entre si e que são importantes durante a configuração do experimento.	O tutorial apresenta, inicialmente, a definição de alguns conceitos a serem utilizados durante o experimento, porém não os aprofunda, fazendo com que sejam superficiais e não agreguem conhecimento aprofundado sobre o tema.
Exercícios de Fixação Teóricos	Ao final de cada módulo, havia um breve exercício de fixação com o objetivo de revisar os conceitos estudados e garantir que o aluno aprofundasse e consolidasse os conhecimentos adquiridos. As questões, apesar de serem abertas, não exigiam que o estudante decorasse os conceitos, mas sim que fosse capaz de entendê-los e a <i>posteriori</i> fazer sua transposição para outros ambientes.	O tutorial não possuía nenhum tipo de atividade de fixação do conteúdo após a fundamentação teórica, não permitindo que os discentes verificassem se os conceitos abordados foram devidamente aprendidos.	Não possuía nenhum tipo de exercício para fixação do conteúdo.

Continua na próxima página

Tabela 2.4 – Continuação da página anterior

Critérios			
Experimentos Práticos	Os roteiros de laboratório eram compostos de um guia passo a passo para realização da atividade, o qual englobava desde a criação da conta de usuário no portal FIBRE até a configuração do sistema de prevenção proposto.	Para realização dos experimentos no ambiente de experimentação é apresentado um guia passo a passo com as informações necessárias, o que facilita a configuração das tarefas. As práticas fazem referência ao conteúdo teórico mostrado no início do tutorial, o que proporciona ao aluno a possibilidade de realizar conexões teórico-práticas. Apesar disso, não apresenta um passo a passo para criação da conta no portal FIBRE, entretanto, indica onde essas informações podem ser encontradas. No final do tutorial, o leitor é desafiado a realizar um experimento que não possui o passo a passo descrito, como uma forma de estimular o pensamento mais a fundo entre os dois protocolos abordados (UDP e TCP), além de promover questionamentos sobre a tarefa.	Havia uma breve descrição do que seria feito no experimento. Não apresentava o passo a passo para criação de conta no portal FIBRE, tampouco um guia para alocação de recursos. Neste sentido, havia apenas a indicação de leitura de um tutorial disponível no site do FIBRE com essa finalidade.
Continua na próxima página			

Tabela 2.4 – Continuação da página anterior

Critérios			
Análise Geral Realizada do Material	Após análise, é possível afirmar que, de posse do tutorial, outros professores conseguiriam executar os experimentos ali propostos de forma satisfatória em suas aulas, permitindo assim que os alunos adquiram conhecimentos relevantes sobre o tema estudado através da realização de experimentos práticos. Além disso, a forma como o material foi estruturado contribui para proporcionar uma aprendizagem progressiva, pois impede que o estudante avance um conteúdo, sem ter os conhecimentos necessários para estudar as etapas seguintes.	É possível, após análise, afirmar que o conteúdo disponibilizado é condizente com as habilidades propostas a serem desenvolvidas, entretanto, caso tivessem sido apresentados de maneira intercalada (conteúdo teórico e experimentação prática) apresentariam maior facilidade para execução, já que alternar teoria e prática é uma maneira mais eficaz de impulsionar o processo de ensino e aprendizagem.	Após análise, entende-se que, com o material, é possível que outras pessoas consigam reproduzir os experimentos detalhados, porém, sem usar as ferramentas visuais (imagens) para ilustrar o processo, o mesmo acaba se tornando complicado para entendimento por usuários mais leigos que, conseqüentemente, levam mais tempo para sua configuração. É possível também, que os alunos apenas reproduzam os trechos dos experimentos sem desenvolver um senso crítico da atividade.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Pode-se perceber, com a análise realizada, que não há um padrão que oriente a criação de tais tutoriais, já que cada um é apresentado no repositório de uma forma diferenciada. Essa falta de padronização também dificulta a criação de outros experimentos por novos professores, visto que não como esses profissionais verificarem se seus experimentos atendem às regras estabelecidas pela RNP para uso de *testbeds* no âmbito educacional.

É importante mencionar ainda que o objetivo desses tutoriais é otimizar o tempo gasto na configuração dos experimentos, porém a maneira como são apresentados acaba, muitas vezes, por não alcançar tais objetivos. Nesse sentido, é importante haver uma padronização de forma que esses materiais promovam práticas capazes de justificar o conhecimento adquirido e não apenas que os alunos copiem e coletem os trechos de códigos sem desenvolver o senso crítico, por isso, é apresentado no capítulo 5 um guia de recomendações para auxiliar em tal propósito.

METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM - MAA

No início do século XX, por meio do movimento escolanovista, conhecido também como escola nova e/ou escola ativa, observou-se um avanço no processo de ensino e aprendizagem e a adoção de abordagens de ensino diversificadas, que valorizavam a figura do aluno como agente ativo/questionador dentro do processo educativo (CAVALHEIRO; TEIVE, 2013; LIMA, 2016). Impulsionado pelas ideias filosóficas de John Dewey (1859-1952) e Maria Montessori (1870-1952), que pregavam o estreitamento entre teoria e prática, tendo o aluno no centro do processo de ensino e aprendizagem, o movimento escolanovista se fortaleceu, disseminando ao redor do mundo a ideia de uma educação que acontece o mais próximo possível da vida cotidiana dos estudantes.

Atualmente, esse dia a dia, como argumenta Morán (2015) está contextualizado na era da Internet, marcada pela disseminação de grandes volumes de materiais e informações, os quais contribuem para a criação de uma sociedade fortemente conectada e culturalmente diversificada, na qual o ensino baseado na repetição já não fazia mais sentido. É neste cenário de mudanças que as Metodologias Ativas de Aprendizagem (MAA) se apresentam como uma possibilidade para a renovação do processo de ensino e aprendizagem, visto que, favorecem a centralidade do ensino no aluno, potencializando o desenvolvimento de suas habilidades críticas e reflexivas dentro e fora da sala de aula.

As MAA são caracterizadas pelo reconhecimento de que o discente é o principal responsável pela sua aprendizagem, ao passo que o professor deixa de ser o detentor exclusivo do conhecimento e passa a se portar como o mediador da aprendizagem. Nesse sentido, uma das ideias centrais das MAA é desenvolver atividades didáticas que possibilitem ao aluno conhecimentos através da prática. Silberman (1996) define os princípios das MAA da seguinte forma:

- O que se ouve é esquecido
- O que se ouve e o que se vê é lembrado

- O que se ouve, o que se vê e o que se é perguntado ou discutido, se começa a aprender
- O que se ouve, o que se vê, o que se é discutido e o que se é feito, é aprendido
- E o que se ensina para alguém, é dominado com maestria

Dessa forma, compreende-se que o significado de aprendizagem vai além da obtenção de informações acerca de um determinado assunto, devendo-se priorizar na produção de conhecimento o envolvimento ativo do aluno, seja lendo, escrevendo, perguntando, debatendo ou ensinando, pois, mais importante que a estratégia de ensino utilizada, está a capacidade de mediar o desenvolvimento de habilidades críticas e reflexivas pelo estudante. De modo geral, podemos dizer que as MAA são estratégias que buscam promover a aprendizagem por meio do fazer/viver/praticar (BERBEL, 2011), demandando do docente o seu engajamento para criar atividades pautadas na autonomia, criatividade e criticidade reflexiva dos seus alunos.

Atualmente, há diversas possibilidades de MAA com potencial de levar aos estudantes uma aprendizagem dinâmica e colaborativa, além de “despertar a curiosidade, à medida que os alunos se inserem na teorização e trazem elementos novos, ainda não considerados nas aulas ou na própria perspectiva do professor” (BERBEL, 2011, p.28). A tabela 3.1 apresenta algumas das MAA mais utilizadas.

Tabela 3.1: Estratégias de Metodologias Ativas de Aprendizagem

Prática	Potencialidades
Aprendizagem Baseada em Problemas - PBL	Metodologia de ensino-aprendizagem através da qual os alunos são confrontados com problemas contextualizados e motivados a buscar soluções significativas. A PBL permite desenvolver o pensamento crítico dos discentes e construir, em conjunto, soluções mais criativas.
Aprendizagem Colaborativa e Significativa	Os estudantes participam mais e questionam as teorias apresentadas. Tem a finalidade de mediar a construção de conhecimento mais rico pelos alunos, fomentando sua partilha, negociação e trabalhos com outros colegas de mesmo grupo.
Estudo de Caso	Esta prática pode provocar uma análise criteriosa dos fatos descritos, estimular a exploração de possíveis soluções, estimular a percepção de que não existe uma única forma de resolver determinado problema, incentivar o debate, destacar múltiplas ideias e maneiras de percepção dos alunos e ainda direcionar a discussão para um caso prático.
Continua na próxima página	

Tabela 3.1 – Continuação da página anterior

Prática	Potencialidades
Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA)	Nesses ambientes, coabitam variados dispositivos tecnológicos direcionados a promover a disseminação de informação e comunicação entre seus participantes, com foco na produção do conhecimento.
Role Playing / Dramatização	Apropriação de práticas de cena teatral, a fim de explorar competências. Observa-se que essa prática estimula a criatividade, imaginação e integração entre diversas linguagens.
Sala de Aula Invertida	Os alunos estudam o assunto em casa e depois encontram os colegas e o professor em sala para esclarecer dúvidas, discutir o que aprenderam e realizar exercícios.
Simulação ou Realidade Virtual	Adoção de softwares simuladores ou de ambientes de realidade virtual, visando a contribuir para o aperfeiçoamento do processo de ensino e aprendizagem, através do uso de metáforas capazes de aproximar a situação didática da realidade do aluno.
Gamificação	Adoção de elementos como jogos ou regras dos jogos de forma a engajar os discentes para atingir um objetivo, assim, o professor gamifica aspectos da sala de aula. Contribui para despertar o interesse, desenvolver a criatividade e autonomia estudantil, além de ajudar a resolver situações problemas.

Fonte: Souza (2020)

Além dessas abordagens, a Aprendizagem Experiencial e/ou Vivencial também se destaca no cenário das MAA ao garantir um aprendizado voltado para a valorização da experiência individual de cada aluno. Essa abordagem se caracteriza por uma divisão do aprendizado em ciclos nos quais o discente é colocado em situações que deve vivenciar e, após isso, espera-se que ele tenha sido capaz de adquirir os conhecimentos necessários para solucionar o conflito ao qual foi exposto. A aprendizagem Vivencial será tratada com mais detalhes na seção 3.2 deste trabalho.

3.1 METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM NO ENSINO DE REDES DE COMPUTADORES

No que tange ao ensino de redes de computadores, as Metodologias Ativas de Aprendizagem (MAA) podem ser utilizadas com o propósito de oferecer, dentre outras potencialidades, uma abordagem mais prática às aulas. Ainda no cenário de redes, Janitor, Jakab e Kniewald (2010) e Chang (2004) afirmam que, em ambientes voltados a cenários de simulações, as animações disponíveis para computador tendem a diminuir a dificuldade de compreensão de conceitos mais complexos da área, principalmente aqueles relacionados à pilha de protocolos TCP/IP.

O ensino dos conteúdos técnicos da área de redes de computadores envolve conceitos complexos que dificilmente são compreendidos quando trabalhados exclusivamente pela exposição oral (VOSS, 2014). Nesse sentido, Dutra (2002) afirma que as abordagens de ensino centradas no aluno contribuem para formar profissionais que possuem, além do conhecimento técnico necessário da área de redes, habilidades para os aplicar a fim de solucionar problemas similares aos que acontecem nos cenários de produção real.

Atualmente, diversos estudos têm buscado promover uma abordagem mais prática às aulas de redes de computadores por meio do uso de MAA. A tabela 3.2 apresenta uma lista com alguns trabalhos relacionados que utilizam essa abordagem.

Tabela 3.2: Trabalhos relacionados: MAA no ensino de redes de computadores

Título/ Autor e Ano	Problema Central	Proposta
Aulas Invertidas e Práticas Lúdicas no Ensino de Redes de Computadores (LIMA; CARVALHO, 2021)	Como melhorar a compreensão dos alunos em relação aos conteúdos abordados nas disciplinas de redes de computadores uma vez que, essas matérias são extensas e possuem um abordagem de apresentação teórica?	Uso da Aprendizagem Baseada em Jogos e Sala de Aula Invertida para promover práticas lúdicas com o intuito de melhorar a aceitação dos alunos e aumentar sua motivação para estudar os conteúdos das disciplinas de redes de computadores.
O Ensino de Redes de Computadores Usando Aprendizagem Baseada em Projetos e a Teoria da Aprendizagem Significativa (CORINO; BERTAGNOLLI; SCHMITT, 2020)	Como abordar de modo prático e significativo os conteúdos de redes de computadores relacionados à comunicação entre os variados tipos de equipamentos e camadas dos modelos OSI e TCP/IP?	Uso da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) e Robótica Educacional (RE) para promover uma aprendizagem significativa dos conteúdos de redes de computadores.
Gamificação como estratégia de dinamização de disciplina técnica do curso de Redes de Computadores do Ensino Médio Integrado (LIRA; SOUZA; COSTA, 2020)	Como estimular o aprendizado e o interesse dos alunos do ensino médio integrado pela disciplina de redes de computadores?	Uso da gamificação para dinamizar a disciplina de redes de computadores ofertada em um curso de ensino médio integrado e, com isso, estimular o aprendizado e o interesse dos estudantes pelos conteúdos abordados.

Continua na próxima página

Tabela 3.2 – Continuação da página anterior

Título/ Autor e Ano	Problema Central	Proposta
<i>Cooperative Learning and Embedded Active Learning Methodologies for Improving Students' Motivation and Academic Results</i> (POCH et al., 2019)	Como aumentar a motivação dos alunos para aprender e melhorar os seus resultados acadêmicos na disciplina de Telecomunicações e Internet?	Uso de variadas estratégias de ensino como: aprendizagem cooperativa, ensino just-in-time e aprendizagem ativa para aprimorar a experiência educacional dos alunos.
Desenvolvimento e aplicação de práticas desplugadas para o ensino de Redes de Computadores (MELGAÇO; DIAS, 2019)	Como promover o ensino lúdico e significativo da disciplina de redes de computadores?	Utilização de objetos de aprendizagem desplugados para promover um ensino lúdico e significativo da disciplina de redes de computadores.
<i>A Blended Learning Method Applied in Data Communication and Computer Networks Subject</i> (LEITE; HOJI; JUNIOR, 2018)	Como melhorar a motivação dos alunos da disciplina de Comunicação em Redes de Computadores além de diminuir suas altas taxas de reprovação no curso?	Utilização da Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) e da Sala de Aula Invertida para melhorar os índices de reprovação na disciplina de Comunicação em Redes de Computadores.
<i>Cisco Packet Tracer as a teaching and learning tool for computer networks in DWU</i> (AIRI; ANDERSON et al., 2017)	Como motivar os alunos de países em desenvolvimento a aprender sobre redes de computadores, já que na maioria das vezes o conteúdo é extenso e apresentado unicamente de forma expositiva devido à carência de laboratórios físicos?	Utilização da ferramenta de simulação Cisco Packet Tracer para promover uma abordagem mais motivadora e prática às aulas de redes de computadores.
<i>Counter Strike</i> no ensino de Redes de Computadores (SANTOS; SANTOS; BITENCOURT, 2016)	Como dinamizar as estratégias de ensino para produzir uma aprendizagem mais eficaz em redes de computadores?	Uso da gamificação e da Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) para dinamizar o ensino de redes de computadores.
Continua na próxima página		

Tabela 3.2 – Continuação da página anterior

Título/ Autor e Ano	Problema Central	Proposta
<i>Implementing Flipped Classroom and Gamification teaching methods into Computer Networks subject, by using Cisco Networking Academy</i> (ZHAMANOV; SAKHIYEVA, 2015)	Como motivar os alunos modernos a terem interesse pelo aprendizado de redes de computadores utilizando novas abordagens de ensino?	Uso da Gamificação e da sala de aula invertida no processo de ensino e aprendizagem de assuntos de redes de computadores, utilizando o conjunto de ferramentas do Cisco Network Academy.
<i>TCN5 - Teaching Computer Networks in a free Immersive Virtual Environment</i> (VOSS, 2014)	Como lidar com a carência de laboratórios físicos para experimentação na área de redes de computadores?	Uso de um ambiente virtual imersivo e sensível ao contexto para realização de atividades práticas nas aulas de redes de computadores.
Laboratório Virtual web para o ensino de redes de computadores no moodle (FERREIRA et al., 2013)	Como proporcionar experimentação prática nas aulas de redes de computadores de forma a complementar o ensino?	Ensino híbrido através da virtualização de laboratório de redes de computadores no ambiente moodle.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Além dos trabalhos mencionados acima, destacamos ainda: **“Ensino de Redes de Computadores Mediado por Tecnologias Educacionais: um Mapeamento Sistemático da Literatura”** (SANTOS et al., 2020) e **Promoting the efficiency of learning Computer network course with the use of Cisco network devices** (YANG; LIU, 2019). O primeiro trabalho foi escolhido pois, assim como este, busca levar ao conhecimento dos professores de redes de computadores as novas abordagens tecnológicas investigadas pela academia para impulsionar o ensino. O segundo estudo reforça a ideia da necessidade de experimentação prática para compreensão dos conceitos teóricos das disciplinas de redes de computadores.

Em Santos et al. (2020), os autores realizaram um mapeamento sistemático da literatura brasileira com o objetivo de levar ao conhecimento dos professores e, conseqüentemente, às salas de aulas, as principais tecnologias educacionais e estratégias pedagógicas utilizadas como mediadoras para o ensino de redes de computadores. Cinco questões de pesquisa foram criadas para nortear a busca que resultou na análise final de 36 artigos extraídos de variadas bases de dados. Após análise do material, observou-se que as abordagens utilizadas para o ensino de redes de computadores foram: ferramentas de softwares (7), metodologias (7), jogos (7), simuladores (6), laboratórios virtuais (4) e objetos de aprendizagem (5). Além disso, notou-se que 31 dos 36 trabalhos analisados não se preocuparam em relatar a adoção de alguma teoria da aprendizagem que servisse como fundamentação para o desenvolvimento ou mesmo aplicação dos estudos realizados.

No trabalho de Yang e Liu (2019), os autores retratam a dificuldade dos alunos de cursos de redes de computadores de Taiwan em entender o funcionamento das redes através do ensino expositivo, já que a disciplina de redes costuma ter um viés prático. Com o objetivo de minimizar esse problema, os autores propuseram um novo método de ensinar que utiliza a ferramenta de simulação Packet Tracer, da Cisco, para implementar a estrutura virtual da rede, com o objetivo de facilitar o entendimento dos conteúdos teóricos. O processo de ensino e aprendizagem foi dividido em dois momentos distintos: na primeira metade, os alunos foram ensinados por meio exclusivo de aulas expositivas e no segundo momento foram estimulados a resolver problemas similares aos que acontecem no cenário de produção por meio da ferramenta de simulação da Cisco. Ao final do curso, foi aplicado um questionário aos estudantes para verificar a sua preferência de ensino. Os resultados demonstraram que a maioria dos discentes preferem o ensino prático por meio da ferramenta de simulação. Além disso, com a nova abordagem de ensino, eles obtiveram melhor desempenho acadêmico, o que comprova os benefícios do uso da ferramenta Packet Tracer para o aprendizado prático de redes de computadores.

As MAA possuem foco em uma aprendizagem colaborativa, dinâmica, crítica e reflexiva, mobilizando o aluno a desenvolver um conjunto de habilidades, tais como: autonomia, criatividade, responsabilidade, dinamismo, colaboração, entre outras. Justamente por contribuir para o desenvolvimento estudantil, elas têm se mostrado como uma opção oportuna para complementar as aulas expositivas, já que, como afirma Oliveira, Oliveira e Fernandes (2020, p.09) “as aulas expositivas têm se tornado cada vez mais enfadonhas e desestimulantes”. Entretanto, é importante destacar que estimular o uso de MAA no ensino de redes não significa abolir a aula expositiva, já que essa também é um elemento necessário no contexto educacional, mas entender que “apenas e unicamente essa modalidade não é mais capaz de responder aos anseios da educação atual” (OLIVEIRA; OLIVEIRA; FERNANDES, 2020, p.10).

3.2 APRENDIZAGEM EXPERIENCIAL OU VIVENCIAL

A teoria da aprendizagem experiencial, do inglês *Experiential Learning Theory* (ELT), conhecida também como aprendizagem vivencial, é uma abordagem que combina experiência, percepção, cognição e o comportamento de um sujeito, oferecendo uma visão completamente diferente daquela das teorias de aprendizagem baseadas em uma epistemologia empírica, que tende a definir a aprendizagem em termos de resultados que são baseados na ideias fixas que uma pessoa acumulou (KOLB, 1984). Na aprendizagem vivencial, as ideias que constroem o pensamento não são fixas, mas sim formuladas e reformuladas a partir da experiência do indivíduo.

Segundo Kolb e Kolb (2017), a ELT surgiu no início dos anos 1970, sendo uma filosofia da educação baseada nas origens intelectuais das obras de Dewey (1859 - 1952), Lewin (1890 - 1947) e Piaget (1896 - 1980) e tendo como fonte primária de conhecimento a experiência e ação diante de um contexto. Ainda segundo Kolb e Kolb (2005), a ELT é construída em 6 (seis) proposições compartilhadas entre si pelos estudiosos citados acima e que embasam tal teoria. São elas:

1. A aprendizagem é melhor concebida como um processo e não em termos

de resultados. Para melhorar o aprendizado, [...] o foco deve ser envolver os alunos em um processo que aprimore sua forma de aprender, incluindo sempre *feedbacks* acerca dos seus esforços.

2. Todo aprendizado é um reaprendizado...
3. A aprendizagem requer a resolução de conflitos entre modos dialeticamente opostos de adaptação ao mundo...
4. A aprendizagem é um processo holístico de adaptação ao mundo e envolve o funcionamento integral da pessoa: pensar, sentir, perceber e se comportar e não apenas o resultado cognitivo.
5. A aprendizagem resulta de transações sinérgicas entre a pessoa e o meio ambiente...
6. Aprender é um processo de criação de conhecimento... (KOLB; KOLB, 2005, p.194, tradução nossa)

O processo de construção de conhecimento da aprendizagem experiencial envolve quatro estágios que são retratados em forma de um ciclo ou espiral, contendo dois modos dialeticamente relacionados de apreensão de experiência: a Experiência Concreta (EC) e a Conceituação Abstrata (CA) e dois modos dialeticamente relacionados à transformação de experiência: a Observação Reflexiva (OR) e a Experimentação Ativa (EA) (KOLB; KOLB, 2005). Acredita-se que, para garantir o efetivo aprendizado, o aluno deve tocar todas as bases do ciclo, assim, a construção de novos conhecimentos e/ou habilidades exige que o estudante desenvolva essas quatro capacidades. A figura 3.1 apresenta os 4 (quatro) estágios do ciclo.

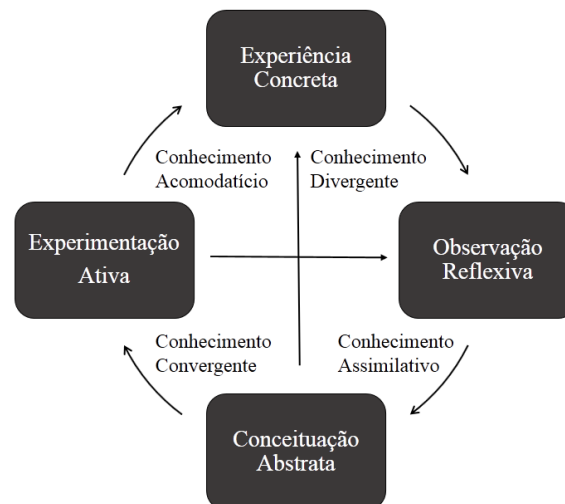


Figura 3.1 Estágios do modelo da Aprendizagem Experiencial
Fonte: Adaptada de (SCHMITT; DOMINGUES, 2016, p.366).

A EC se refere à capacidade do aluno, a partir da observação, em se envolver em novas e diferentes experiências. Esse é o quadrante do ciclo que enfatiza as experiências pessoais

e os sentimentos que estão envolvidos diante de cada uma das situações observadas. Os sujeitos envolvidos neste quadrante do ciclo normalmente são empáticos e acreditam que cada caso é único, preferindo e priorizando a aprendizagem por meio de exemplos nos quais se sintam envolvidos (SCHMITT; DOMINGUES, 2016).

Para Trevelin (2011), pessoas que utilizam a EC são mais adeptas a mudanças, assim, esse quadrante pode ainda servir como base para as demais etapas do ciclo, já que se refere à aprendizagem adquirida pelos alunos quando estes recordam do sentimento experienciado ao participarem de uma atividade e na maioria da vezes essa é a forma que aprendemos algo. Algumas atividades que apoiam esse quadrante do ciclo: filmes, simulações, laboratórios, trabalho de campo, observações, entre outras (SCHMITT; DOMINGUES, 2016).

A OR acontece quando o estudante consegue refletir sobre a observação, acreditando ser capaz de resolver os problemas utilizando os sentimentos e pensamentos adquiridos na etapa da EC. Kolb e Kolb (2005) acreditam que os estudantes devem refletir sobre as experiências vividas no quadrante da experiência concreta e então observá-las a partir de diversas perspectivas. Algumas atividades que apoiam a OR são: discussões, *brainstorming*, juris, perguntas para reflexão, entre outras (SCHMITT; DOMINGUES, 2016).

A CA é baseada principalmente no raciocínio lógico. É a fase na qual o aprendiz consegue criar conceitos que integram suas observações de forma lógica nas teorias. Diferentemente dos aprendizes da EC, estes possuem dificuldades com o aprendizado através de simulações. Segundo Trevelin (2011, p.05), “o entendimento é baseado na compreensão intelectual de uma situação. O nível de abstração é elevado...”. Algumas atividades que apoiam a CA são: palestras, *papers*, analogias, projetos, modelos críticos, entre outras (SCHMITT; DOMINGUES, 2016).

Por fim, a EA é quando o estudante usa as teorias aprendidas para resolução de problemas, ou seja, é a etapa em que o discente deve colocar em prática tudo que aprendeu nos quadrantes anteriores do ciclo. O aprendizado deve sempre ser exercitado de maneira ativa, pois, segundo Schmitt e Domingues (2016, p.366), na EA os alunos “não gostam de situações de aprendizado passivo como assistir aulas...”, assim as atividades que mais se adéquam são: laboratórios, estudos de caso, tarefas em casa, entre outras.

É importante salientar que trabalhar adequadamente as atividades de cada estágio do ciclo tende a melhorar o desempenho estudantil, pois permite distinguir o estilo de aprendizagem de cada um, intensificando assim o processo de autodesenvolvimento. Portanto, a eficácia do processo de ensino e aprendizagem vai depender da capacidade de equilíbrio do discente em se mover entre esses quatro estágios de aprendizagem que estão dialeticamente ligados entre si (MOČINIĆ; TATKOVIĆ; TATKOVIĆ, 2020).

O ciclo de aprendizagem pode começar em qualquer um dos quatro estágios do quadrante, sendo sempre abordado como um desenvolvimento contínuo e em espiral e, se nenhuma das etapas for omitida, poderá se alcançar um excelente equilíbrio entre conceitos teóricos e experimentação prática (MOČINIĆ; TATKOVIĆ; TATKOVIĆ, 2020). Além desses quatro estágios, a estrutura interna da aprendizagem experiencial é também representada por quatro questões: **Por quê? O quê? Como? E se?** (TREVELIN, 2011), representados pela figura 3.2.

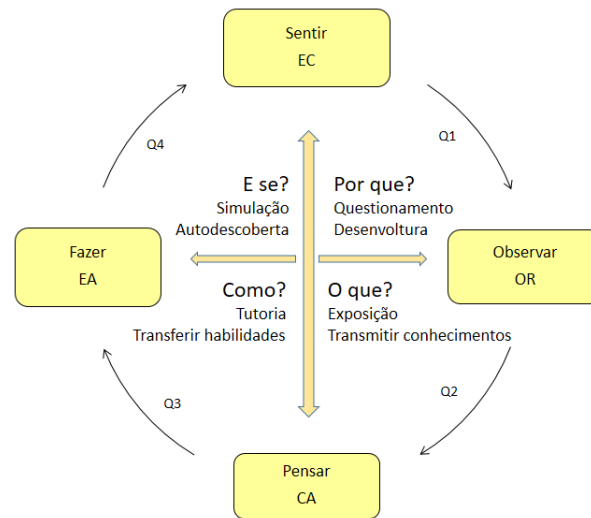


Figura 3.2 Questões dos Quadrantes do Ciclo da Aprendizagem
 Fonte: Adaptada de (TREVÉLIN, 2011, p.09).

No quadrante **Por quê?**, deve ser reforçado o motivo de se aprender determinado conteúdo. Cabe ao professor mostrar a importância da matéria e dos problemas relacionados ao tema e em seguida apresentar a ligação do conteúdo a ser estudado com a realidade, tornando assim o aprendizado mais eficiente, já que os conteúdos representam um propósito na vida dos estudantes. Neste quadrante estão os alunos que se encaixam no estilo de aprendizagem divergente e que têm como ponto forte a criatividade e a imaginação (MARIETTO et al., 2014).

O professor utiliza uma abordagem prospectiva, a estratégia é selecionar e apresentar estímulos ambientais para que a realidade possa ser percebida pelos alunos. As experiências passadas dos alunos são úteis para ajudar a entender o assunto proposto e sua aplicação no futuro. As estratégias para motivar o aprendizado nesta etapa introdutória devem ser apoiadas no contato direto com a realidade para que os alunos consigam gerar questões que se relacionam com o assunto, mas que ele ainda não conhece... (BERSOLIN, 2020, p.89).

No que tange ao ensino de redes de computadores, no qual há uma extensa quantidade de conceitos teóricos a serem ministrados, apresentar aos estudantes a importância de aprender cada conceito e a relação existente entre os conteúdos se torna fundamental para o sucesso do aprendizado. Além disso, é importante que a matéria apresente ligação com a realidade dos alunos, pois a associação do conteúdo estudado ao cenário real pode facilitar o processo de aquisição de conhecimentos.

Nesse sentido, Chang (2004) defende que utilizar uma rede real para fazer experimentos pode facilitar a compreensão dos conceitos, já que para a maioria dos discentes entender, por exemplo, o que é um switch de rede sem nunca ter visto um torna-se um obstáculo para o aprendizado. Chang (2004) acredita ainda que os softwares simuladores podem ajudar até certo ponto, porém nem sempre são suficientes, pois em algumas

situações os alunos não são capazes de compreender conceitos mais abstratos por conta própria quando estes são a única opção disponível.

No quadrante **O quê?**, o professor deve buscar um problema qualquer que esteja relacionado ao conteúdo e despertar no estudante o interesse em resolvê-lo. Esse é o momento em que deverão ser apresentadas todas as teorias necessárias à solução do problema exposto, o que ajuda a tornar a aprendizagem significativa para o aluno, pois este começa a fazer ligações e induções que dão sentido e coerência ao conteúdo estudado. Neste quadrante do ciclo estão os discentes que se encaixam no estilo de aprendizagem assimilativo e que são fortes na criação de modelos teóricos (MARIETTO et al., 2014).

o professor começa a compartilhar o seu conhecimento, a dividir com os alunos os pontos importantes do assunto, chamar a atenção dos mesmos a partir de suas dúvidas listadas na etapa anterior e dispor modelos, instrumentos, ferramentas que possam ser aplicados sobre o problema e auxiliem no caminho à solução. Desenvolve a habilidade de formulação de problemas e a construção de modelos, o aluno começa a assimilar novos conceitos e ancorar esses novos conceitos a outros pré-existentes...(BERSOLIN, 2020, p.89).

Nas aulas de redes, torna-se interessante que os problemas escolhidos sejam similares àqueles que acontecem nos cenários de produção, visto que essa ligação tende a despertar no aluno um conjunto de características como: protagonismo, motivação, autonomia e interesse em aprender. No que tange ao compartilhamento das teorias necessárias à solução dos problemas, estas podem ser apresentadas por meio de aulas expositivas dialogadas ou qualquer outra técnica de ensino que o professor considere adequada àquele contexto.

No quadrante **Como?**, é o momento de os alunos resolverem os problemas que lhe foram apresentados e para isso deverão fazer uso dos conhecimentos adquiridos no quadrante anterior: “Neste quadrante ocorre a integração da teoria com a prática. Caracteriza-se pela tomada de decisão [...] os alunos aplicam os conceitos assimilados em atividades reais” (BERSOLIN, 2020, p.89). Neste quadrante do ciclo, estão os discentes que possuem o estilo de aprendizagem convergente e que se destacam na resolução de problemas, tomada de decisões e aplicação prática das ideias aprendidas (MARIETTO et al., 2014).

Existem variadas formas de os estudantes resolverem estes problemas e a mais comum acontece por meio da resolução de listas de exercícios teórica. No ensino de redes, dentro do modelo de aprendizagem experiencial, essa resolução pode acontecer através de atividades práticas realizadas dentro ou fora de laboratórios de redes, seja por meio de simulação, emulação, jogos, laboratórios virtuais ou mesmo ambientes de redes experimentais.

Por fim, no quadrante **E se?**, o aluno deve estar preparado para transpor todo o conhecimento que foi adquirido nos quadrantes anteriores do ciclo para novas situações do dia a dia: “O aluno começa a aprimorar o novo conhecimento e a elaborar alternativas para resolver os obstáculos que vão aparecendo ao longo da nova situação. O papel do professor é motivar os alunos a expandirem os seus limites intelectuais” (BERSOLIN, 2020, p.90). Neste quadrante estão os discentes que possuem o estilo de aprendizagem

acomodaticio e que preferem aprender por meio da experimentação prática em vez de exposição teórica (MARIETTO et al., 2014).

Nas novas situações vivenciadas pelos aprendizes, haverá uma variação de parâmetros e inclusão de novos componentes (TREVELIN, 2011). Em redes de computadores, este quadrante representa a capacidade dos estudantes de conseguir transpor o que foi aprendido em um ambiente de laboratório (simulação, emulação, jogos sérios, etc.) para cenários reais, ou seja, replicar o que aprenderam para resolver problemas reais que são similares aos que foram estudados.

Segundo Kolb e Kolb (2013), para que um indivíduo se envolva completamente ao redor do ciclo de aprendizagem, é necessário prover um ambiente de ensino que seja desafiador e ao mesmo tempo hospitaleiro, seguro e que se caracterize pelo respeito mútuo, permitindo assim que os alunos desenvolvam as quatro habilidades: sentir, observar, pensar e fazer. A fim de prover esse ambiente, são estabelecidos nove princípios básicos: respeitar os discentes e suas experiências, iniciar a aprendizagem a partir da prática do aluno no assunto, criar e manter um espaço de construção do conhecimento hospitaleiro, fomentar espaços para a aprendizagem conversacional, produzir espaços para o desenvolvimento das expertises dos estudantes, criar espaços para ação e reflexão, conceber espaços para sentir e pensar, criar espaços para o aprendizado de dentro para fora e criar espaços para que os alunos assumam seu próprio aprendizado (KOLB; KOLB, 2013).

Ainda para garantir que o aluno percorra todo o ciclo de forma a enriquecer o processo de criação do conhecimento, é importante considerar o professor como elemento integrante do ciclo, pois este assume um papel de facilitador, ajudando os aprendizes a referenciar o conhecimento adquirido em um dado cenário para outros contextos. Assim, o docente assume diversos papéis ao longo do ciclo e suas funções vão além da sala de aula formal, podendo se estender também, aos indivíduos em todas as esferas da vida (KOLB; KOLB, 2013). A figura 3.3 destaca os principais papéis do professor.



Figura 3.3 Papéis do Professor no Ciclo da Aprendizagem

Fonte: Adaptada de (KOLB; KOLB, 2013, p.37, tradução nossa).

Atualmente, a aprendizagem experiencial tem sido adotada por alguns professores com o propósito de promover uma abordagem mais prática às suas aulas, principalmente

nas matérias de cunho mais teórico e que exigem abstração de experiências do mundo real como é o caso das disciplinas de redes de computadores. Apesar de não encontrar nenhum trabalho diretamente ligado ao ensino de conteúdos de redes de computadores utilizando tal abordagem, a tabela 3.3 apresenta alguns trabalhos que fazem uso da aprendizagem experiencial para potencializar o processo de ensino e aprendizagem em ambientes de laboratórios.

Tabela 3.3: Uso da Aprendizagem Experiencial em Ambientes de Laboratórios

Título/ Autor e Ano	Área de Estudo	Abordagem
<i>Implementation of Experiential Learning for Vehicle Dynamic in Automotive Engineering: Roll-over and Fishhook Test</i> (MEHRTASH; YUEN; BALAN, 2019)	Engenharia Automotiva. Conteúdo: Desempenho dinâmico de veículos rodoviários com foco no uso de padrões automotivos e problemas do mundo real na indústria automotiva.	Uso da aprendizagem experiencial para integrar experiências do mundo real, da indústria automotiva com as tradicionais simulações de computador. A proposta é ensinar dinâmica veicular por meio de simulações realizadas em laboratório. Utilizando a aprendizagem experiencial, os autores esperam que os alunos ao vivenciarem os quatro estágios do ciclo de Kolb consigam refletir sobre o ambiente de ensino e aprendizagem em que se encontram, de forma a potencializar os resultados de suas aprendizagens.
<i>Using Kolb's Experiential Learning Cycle to improve student learning in virtual computer laboratories</i> (KONAK; CLARK; NASE-REDDIN, 2014)	Ciência e Tecnologia da Informação e Segurança e Análise de Risco	Aprendizagem experiencial como uma estrutura para projetar atividades práticas para laboratórios virtuais com o objetivo de aumentar o interesse dos alunos nas áreas de Segurança da Informação já que a pura realização de uma atividade prática em laboratório não garante o aprendizado. A ideia do trabalho é fazer o aluno experienciar todos os estágios do ciclo de Kolb e assim verificar se a estrutura de laboratório proposta melhorou os resultados de aprendizagem dos estudantes.

Continua na próxima página

Tabela 3.3 – Continuação da página anterior

Título/ Autor e Ano	Área de Estudo	Abordagem
<i>Modelo de aprendizaje experiencial de Kolb aplicado a laboratorios virtuales en Ingeniería en Electrónica</i> (GONZÁLEZ; MARCHUETA; VILCHE, 2011)	Dispositivos Eletrônicos	Aplicar a aprendizagem experiencial às práticas de laboratório de engenharia eletrônica, complementando assim as práticas de laboratório baseadas em simulação. O objetivo da abordagem é potencializar a geração de competências e habilidades de desempenho da nova geração de alunos, assim, o foco da abordagem deverá ser o processo de aprendizagem do aluno e não a ferramenta de simulação utilizada.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Dessa forma, compreendemos a aprendizagem experiencial como um modelo dinâmico por meio do qual o indivíduo é capaz de aprender a partir de suas próprias experiências, sendo elas a base para a construção do seu conhecimento. Além disso, entendemos que o processo de ensino e aprendizagem só será fortalecido se o professor trabalhar para alinhar objetivos e metodologias de forma a motivar o aluno a envolver-se com as atividades, passando por todos os estágios do ciclo de aprendizagem.

RUBIK: DISPOSITIVO DE AVALIAÇÃO PARA CURSOS QUE UTILIZAM REDES EXPERIMENTAIS

Um dos desafios do ensino de redes de computadores é a conciliação entre os conceitos teóricos apresentados por meio de aulas expositivas e as atividades práticas realizadas em laboratório. Com a insuficiência de espaços físicos exclusivos para experimentação prática nessa área, as instituições de ensino têm investido em tecnologias alternativas a fim de contornar tal problema e proporcionar a prática necessária para o equilíbrio do processo de ensino e aprendizagem.

Dentre as iniciativas de uso de tecnologias para realização de experimentos práticos em redes de computadores, destaca-se o uso de *testbeds*. Desde o ano de 2015, com a primeira chamada de incentivo da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) para uso de *testbeds* em espaço educacional, esses ambientes vêm ganhando destaque nas salas de aulas e, como resultado, o grupo de pesquisa Infraestrutura e Sistemas para Redes e Telecom (INSERT) desenvolveu uma ferramenta chamada **SDN-IPS** utilizando o *testbed Future Internet Brazilian Environment for Experimentation* (FIBRE).

Para validar o impacto da ferramenta e do *testbed* no aprendizado dos alunos, o grupo criou ainda um curso de extensão cujo foco era ensinar conceitos de redes e segurança. Apesar dos resultados positivos, compreendemos que a produção e avaliação de cursos que utilizam *testbed* como infraestrutura tecnológica para realização de laboratórios práticos ainda carece de indicadores de avaliação de qualidade, por isso desenvolvemos um dispositivo de avaliação voltado a orientar o professor no uso desses ambientes para potencializar a aprendizagem dos alunos. Tal dispositivo foi utilizado para avaliar o curso de extensão promovido pelo grupo INSERT, uma vez que não foram encontrados instrumentos de avaliação que permitissem a análise desses cursos sob múltiplas dimensões.

Além disso, os resultados obtidos com a aplicação de tal dispositivo foram utilizados como insumo para a produção de um guia de recomendações (**disponível no Capítulo 6**). Este capítulo está estruturado da seguinte maneira: na seção 4.1, é apresentado o projeto do curso SDN-IPS. A seção seguinte discute algumas metodologias de avaliação. Na sequência, será apresentado o dispositivo de avaliação criado neste trabalho: RUBIK. Por fim, a seção 4.3.1 mostra as dimensões e indicadores que compõem o dispositivo.

4.1 PROJETO PILOTO: CURSO SDN-IPS

A partir da chamada de incentivo promovida pela RNP no ano de 2017, que fomentava o desenvolvimento de material educacional para incentivar o uso de *testbeds* em aulas de redes de computadores, o grupo de pesquisa INSERT da Universidade Federal da Bahia (UFBA) desenvolveu a ferramenta SDN-IPS. Como forma de validá-la e experimentar o seu impacto no processo de ensino e aprendizagem de redes de computadores, os membros do grupo envolvidos no processo desenvolveram e realizaram um curso de extensão com alunos de graduação e pós-graduação da universidade.

O curso de extensão “**Sistemas de Detecção de Intrusão baseado em SDN**” - SDN-IPS foi oferecido de forma gratuita pela UFBA durante os meses de abril e maio de 2018 na modalidade de ensino semipresencial e com carga horária total de 24 horas. Para seleção dos alunos (21 inscritos), foi elaborado um formulário de inscrição contendo um questionário com um conjunto de questões técnicas, as quais versavam desde conhecimentos básicos de redes (Arquiteturas e Protocolos TCP/IP) até tópicos mais avançados (Protocolo BGP). O objetivo do formulário era conhecer o perfil da turma e, dessa forma, as respostas guiaram a estruturação do plano de aula, privilegiando discussões em temas que os discentes apresentavam menor conhecimento.

O curso teve como objetivo apresentar conceitos e práticas relacionadas à construção de um Sistema de Prevenção de Intrusos baseado no paradigma de Redes Definidas por Software (do inglês, *Software-Defined Networking* (SDN)) através do *testbed* FIBRE. Sua ementa abordou os seguintes conteúdos: SDN e construção de ambientes experimentais, em especial o *testbed* FIBRE, Roteamento na Internet através do protocolo BGP e do paradigma SDN, Sistema de Detecção e Prevenção de Intrusão (do inglês, *Intrusion Prevention System* (IPS)) e técnicas de contenção para ataques cibernéticos.

O conteúdo programático foi dividido em 4 (quatro) módulos. Cada um deles tinha uma parte destinada à exposição teórica e outra destinada à experimentação prática. As aulas presenciais ocorreram no laboratório da Superintendência de Tecnologia da Informação da universidade, sendo os primeiros 40 minutos destinados à exposição teórica do conteúdo que serviria como base para a realização da atividade prática subsequente.

As práticas de laboratório foram fundamentais para o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem dos alunos, uma vez que os estimulavam a compreender os conceitos apresentados na exposição oral por meio de uma experiência prática similar a de um ambiente de rede real. As atividades práticas foram conduzidas através do ambiente de *testbed* FIBRE, por meio da ferramenta SDN-IPS. Tal ambiente, além de permitir a instalação e configuração das ferramentas e protocolos necessários ao software SDN-IPS, possibilitava ainda o uso de ferramentas de monitoramento e resolução de problemas similares àsquelas utilizadas no cotidiano de profissionais da área.

Como apenas parte da aula era destinada à realização das atividades práticas, roteiros de laboratórios eram entregues aos discentes como desafios a serem resolvidos em casa, por meio do ambiente FIBRE. A possibilidade de fazer as atividades práticas fora da sala de aula é uma das vantagens dos ambientes de *testbeds*, pois seu acesso está disponível 100% do tempo, bastando apenas um computador com acesso à Internet para conseguir se conectar ao ambiente e realizar os experimentos.

Para mediar e auxiliar as atividades que ocorreram fora do espaço físico da instituição de ensino, foi escolhido o Learning Management System (LMS) Moodle da universidade a fim de hospedar o Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). O moodle foi essencial para disseminação do conteúdo teórico anterior à aula, uma vez que o professor disponibilizava previamente o material didático no AVA e o aluno tinha a possibilidade de estudar e se familiarizar com o conteúdo antes de o encontro iniciar.

Para avaliar o desempenho estudantil, foi planejada a realização de uma prova ao final de cada módulo do curso, entretanto elas não chegaram a ser realizadas. Em vez disso, foi aplicado um questionário no modelo quiz, visando a uma autoavaliação do progresso de cada aluno, além da realização das práticas de laboratório. Esse formato de avaliação possibilitou ainda a realização de revisões específicas de temas nos quais o desempenho dos discentes não havia sido satisfatório.

Ao final do curso, os professores aplicaram um outro questionário, visando a avaliar o conhecimento adquirido em diversos tópicos e a satisfação geral dos estudantes com o curso. Os resultados demonstraram maior entusiasmo e motivação deles para realizar as atividades no *testbed*, além de um envolvimento ativo no processo de ensino e aprendizagem, o que indica que o uso de *testbeds* no ensino de redes de computadores pode gerar resultados satisfatórios para o aprendizado.

Apesar dos resultados promissores identificados pela aplicação do questionário, é importante destacar que este método não deve ser a única forma de avaliar cursos, pois, apesar de ser possível obter algumas informações sobre a experiência do aluno no decorrer do seu processo de aprendizagem, essa forma de avaliação acaba por desconsiderar outras dimensões de análise. Cabe destacar ainda que o desenvolvimento e a realização do curso SDN-IPS não seguiu nenhum planejamento formal fundamentado em teorias pedagógicas para esse propósito, sendo sua organização inteiramente baseada na intuição dos seus desenvolvedores do que precisava ser realizado.

Apesar disso, foi possível identificar atividades comuns da elaboração formal de cursos, tais como: elaboração da ementa, seleção e produção de conteúdo didático, definição da infraestrutura e recursos necessários para o experimento, desenho do AVA, eleição dos critérios de avaliação, entre outras. Porém, como o uso de *testbeds* no ensino é algo recente e não trivial, é fundamental que os professores utilizem critérios precisos desde a elaboração até a avaliação destes cursos e, neste sentido, é importante buscar metodologias de avaliação apropriadas e adequadas a este contexto.

4.2 METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO

Para desenvolver um dispositivo de avaliação, é importante eleger indicadores capazes de sustentar o processo avaliativo sob diferentes perspectivas. No contexto de *testbeds* para o ensino de redes de computadores, é necessário que esses indicadores considerem as especificidades desses ambientes tais como: postura docente para promover e orientar experimentos práticos nessas infraestruturas, imprevisibilidade do ambiente, instabilidade da rede, falhas dos equipamentos, entre outras.

Avaliação, em sentido amplo, significa analisar um conjunto de informações que contribuem para um processo de tomada de decisão. Sendo assim, podemos definir o ato de

avaliar como: “um ato pelo qual, através de uma disposição acolhedora, constatamos e qualificamos alguma coisa (objeto, ação ou pessoa), tendo em vista, de alguma forma, tomar uma decisão sobre ela” (LUCKESI, 2005, p.49).

É importante ter em mente que avaliar vai além de definir uma nota ou conceito a um aluno. Esse processo deve ser capaz de fornecer um *feedback* aos discentes e docentes, de forma que permita a melhor condução do processo de ensino e aprendizagem. Assim, avaliar um curso não é uma tarefa simples, pois consiste em uma atividade que envolve diferentes variáveis e aspectos, sendo que “não há um consenso sobre critérios e métodos a serem adotados” (SILVEIRA; ROCHA, 2017, p.59).

Para garantir a qualidade de cursos presenciais, híbridos ou totalmente a distância, é importante que o sistema de avaliação adotado seja capaz de verificar se os objetivos e metas estabelecidos no planejamento estão sendo alcançados. Neste cenário, diversos estudos contribuem para a definição de indicadores de qualidade que sirvam de suporte para o processo de avaliação. Dentre alguns estudos, destacam-se a Metodologia de Silva e Silva (2008) e o *Framework* de avaliação proposto por Khan (2005).

Em Silva e Silva (2008), os autores desenvolveram uma metodologia que tem por base os 4 (quatro) eixos fundamentais do ato de avaliar, com o objetivo de permitir a avaliação de projetos em Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) nas escolas portuguesas. A metodologia foi criada a partir da premissa de que todo projeto que introduz mudanças no modo de operar das organizações precisa ser avaliado do início ao fim.

Sendo assim, Silva e Silva (2008) propuseram uma metodologia aberta que contempla os quatro eixos canônicos do modelo de avaliação: **quem avalia?**, **como avaliar?**, **quando avaliar?** e **o que avaliar?**. Esses eixos, representados pela figura 4.1, integram os atores envolvidos no processo avaliativo, os instrumentos que são utilizados para a coleta de dados, os momentos em que a avaliação acontece e os objetos que norteiam esse processo.

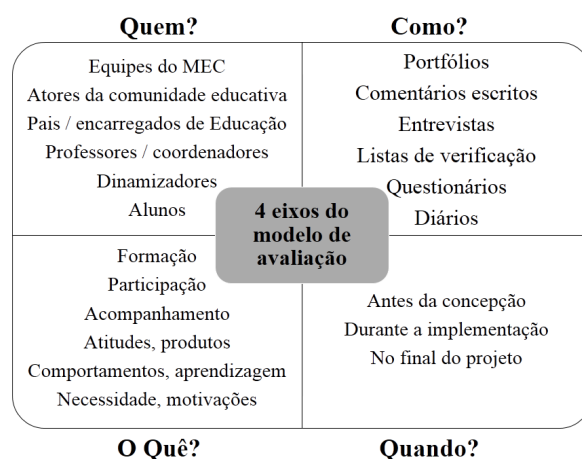


Figura 4.1 Eixos Canônicos do Modelo de Avaliação
Fonte: Adaptada de (SILVA; SILVA, 2008, p.395).

Khan (2005), por sua vez, acredita que os indivíduos estão tão acostumados com um modelo de ensino em que alunos e professores estão sempre presentes no mesmo

ambiente físico, que acabam não se dando conta das inúmeras possibilidades geradas pelo modelo de Educação a Distância (EaD). De acordo com o autor, tal modelo representa uma mudança de paradigma para a sociedade, mas, para isso, os indivíduos precisam sair de suas zonas de conforto e aceitar um ambiente de aprendizagem aberto, flexível e distribuído.

Baseado nesse pensamento, e buscando entender quais os fatores necessários para a criação de uma experiência de sucesso no modelo EaD, Badrul Khan propôs, em 2005, a criação de um arcabouço denominado de “*A Framework for e-learning*”, que apresenta oito dimensões: Pedagógica, Tecnológica, Design de Interface, Avaliação, Apoio aos Recursos, Ética, Gestão e Institucional, o qual costuma ser utilizado para avaliação de experiências em EaD. A figura 4.2 apresenta a estrutura do arcabouço.

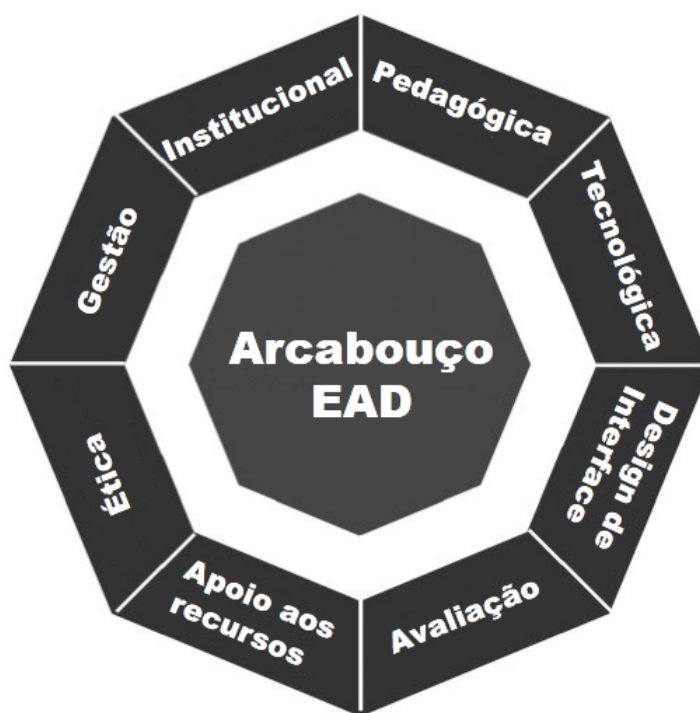


Figura 4.2 Arcabouço de Avaliação em EaD
Fonte: Adaptada de (KHAN, 2005, p.14, tradução nossa).

Cada uma das oito dimensões possui critérios de avaliação focados em garantir a qualidade de determinados aspectos do ambiente EaD e, para o autor, são as respostas a esses critérios que tendem a contribuir para a disseminação de um ambiente propício à aprendizagem significativa. A tabela 4.1 apresenta as principais questões relacionadas a cada uma das dimensões do arcabouço.

Tabela 4.1: Dimensões do Arcabouço de Khan

Dimensão	Questões que considera
Dimensão Pedagógica	Abrange um conjunto de questões relacionadas ao ensino e aprendizagem (análise e organização de conteúdo, métodos e estratégias, objetivos, análise de mídias, etc.).
Dimensão Tecnológica	Inerente ao planejamento das infraestruturas do ambiente de aprendizagem, incluindo o hardware e o software.
Dimensão Design de Interface	Relacionada com os aspectos e funcionalidades do ambiente de aprendizagem (design do AVA, design do conteúdo, navegação, acessibilidade e testes de acessibilidade).
Dimensão Avaliação	Focada nas pessoas, processos e produtos (professores, alunos, material didático, aprendizado, programas de aprendizagem, metodologia, etc.).
Dimensão Gestão	Refere-se ao gerenciamento de vários estágios do processo de e-learning (projeto, produção, pessoas, produto, ambiente, informação, etc.).
Dimensão Apoio aos Recursos	Referente ao suporte online e aos recursos necessários para um ambiente propício à aprendizagem significativa.
Dimensão Ética	Atenta à influência e diversidade social e cultural, diversidade geográfica, do aluno, bem como exclusão digital e preconceito.
Dimensão Institucional	Abrange os aspectos burocráticos inerentes às tarefas dos serviços administrativos, acadêmicos e de apoio aos alunos.

Fonte: Elaborada pela autora 2021

A ideia de inserção dos *testbeds* no cenário educacional provoca mudanças na estrutura da sala de aula, pois ao tempo que permite que o aluno obtenha o controle do seu aprendizado, a partir da realização de experimentos práticos fora da instituição e da habilidade de resolver problemas do mundo real, posiciona o professor como um facilitador desse processo. Além disso, essa possibilidade de realizar atividades práticas de forma remota é o que transforma os *testbeds* elegíveis tanto para uso no ensino presencial quanto na modalidade híbrida e/ou totalmente a distância.

Justamente por promover tais mudanças, a utilização de *testbeds* como infraestrutura tecnológica para realização de laboratórios práticos em aulas de redes de computadores precisa ser cuidadosamente avaliada, de forma a garantir o menor impacto aos envolvidos e o maior sucesso possível. Neste ponto, é possível perceber que existe uma correlação entre a metodologia apresentada por Silva e Silva (2008) e o arcabouço de Khan (2005), uma vez que ambos propõem estratégias com o objetivo de avaliar aspectos considerados essenciais para a garantia da qualidade de cursos em variadas modalidades de ensino e com emprego de diferentes tecnologias.

Assim, ao observar a relação entre os quatro eixos canônicos do modelo de avaliação (SILVA; SILVA, 2008) e o arcabouço de avaliação em EaD (KHAN, 2005), bem como os

principais requisitos que devem ser avaliados em um curso utilizando *testbeds* como plataforma de ensino (criatividade, dinamismo, entusiasmo, interatividade, inovação, etc.), foi possível desenvolver um dispositivo de avaliação composto por dimensões e indicadores adequados a tal contexto. A escolha por essas duas teorias para embasar a construção do dispositivo deve-se ao fato de que, como a avaliação de cursos que utilizam *testbeds* como ambiente de laboratório não é algo trivial, a junção dos dois estudos garante que todos os aspectos considerados fundamentais no ato de avaliar (participantes, práticas pedagógicas, softwares, hardwares, etc.) sejam devidamente considerados.

Dessa forma, foi desenvolvido o dispositivo de avaliação denominado RUBIK e que teve como objetivo avaliar o curso sob diferentes perspectivas, além de guiar o professor na tarefa de construir cursos utilizando *testbeds* para ensinar conceitos de redes de computadores. Esse dispositivo auxilia o professor a partir da sinalização de critérios importantes a serem considerados para o planejamento de cursos dessa categoria, além de apoiar a verificação desses parâmetros durante e após a conclusão do curso. O dispositivo RUBIK encontra-se descrito na seção seguinte.

4.3 DISPOSITIVO DE AVALIAÇÃO RUBIK

O RUBIK é um dispositivo que foi criado para permitir a avaliação, sob diferentes perspectivas, de cursos que utilizam *testbeds* como infraestrutura tecnológica para a realização de laboratórios práticos. O nome RUBIK faz uma alusão ao quebra cabeça tridimensional conhecido como “cubo de Rubik”¹ ou “cubo mágico”, desenvolvido pelo arquiteto húngaro Ernő Rubik e que deve ser resolvido sob a perspectiva de múltiplas dimensões. A figura 4.3 apresenta as etapas de construção do dispositivo.

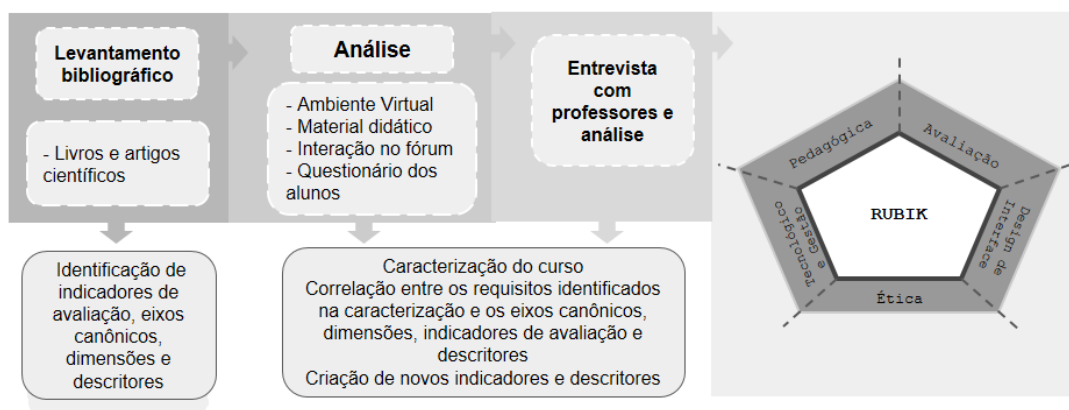


Figura 4.3 Etapas de Construção do Dispositivo de Avaliação RUBIK

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

O objetivo do RUBIK é avaliar a efetividade dos *testbeds* no ensino de redes de computadores, bem como se tornar uma ferramenta genérica para avaliação de cursos que

¹About us — Rubik’s Official Website. <https://www.rubiks.com/en-us/about> Acesso em 07 de abril de 2020

utilizam *testbeds* como infraestrutura tecnológica para realização de laboratórios práticos. Apesar de Khan (2005) considerar oito dimensões na construção do seu *framework*, para a primeira versão do dispositivo foram adotadas apenas cinco dimensões. Nesse contexto, as dimensões tecnológica e de gestão foram agrupadas em uma só (por avaliarem aspectos similares) e as dimensões de apoio aos recursos e institucional foram excluídas (por não haver dados suficientes para análise).

Desta forma, a primeira versão do RUBIK é composta pelas dimensões: pedagógica, avaliação, tecnológica e gestão, ética e design de interface. Para cada uma delas, foram selecionados indicadores capazes de mensurar o impacto de cursos utilizando *testbeds* em relação a diferentes aspectos. As dimensões definidas na primeira versão do RUBIK e seus respectivos indicadores podem ser vistos na figura 4.4.

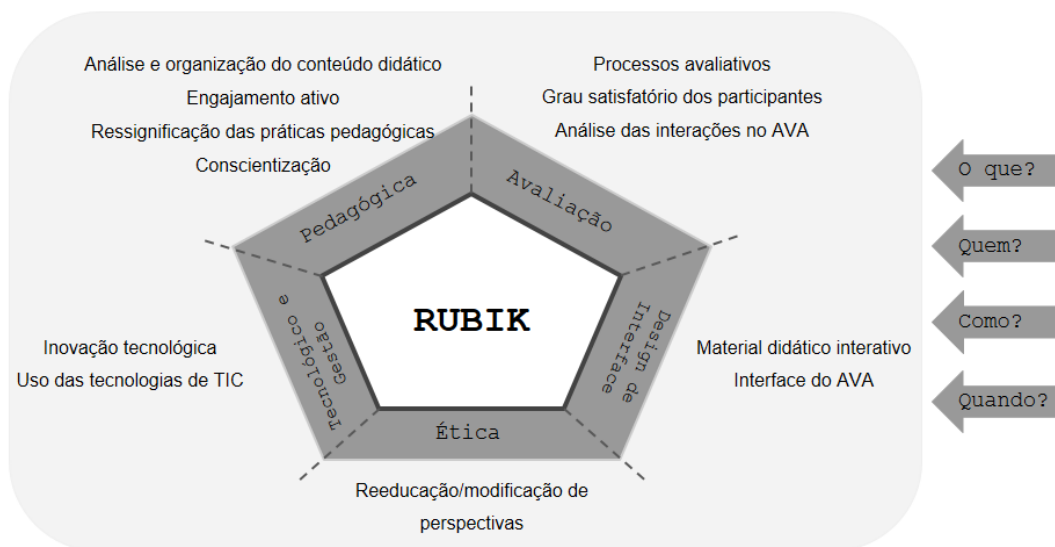


Figura 4.4 Primeira versão do RUBIK
Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Finalizada a primeira versão do RUBIK, o mesmo foi utilizado para avaliar o curso piloto em SDN-IPS sob diferentes perspectivas. Os resultados dessa aplicação indicaram que os *testbeds* podem ser úteis para o ensino de redes de computadores, fornecendo aos professores recursos que facilitam a avaliação de cursos nesta modalidade. Além disso, os resultados apontaram ainda a necessidade de se realizar uma atualização no próprio dispositivo, tornando-o mais específico para o contexto dos *testbeds*.

Dessa forma, O RUBIK foi atualizado: novos indicadores foram criados e outras dimensões propostas por Kahn em seu *framework* foram contempladas, o que fez com que sua atual versão fosse composta por 7 dimensões, considerando que foram desagrupadas as dimensões tecnológica e de gestão e incluída a dimensão apoio aos recursos. Apenas a dimensão institucional ficou de fora por permanecerem insuficientes os dados para sua análise. Na figura 4.5, é possível ver as novas dimensões e indicadores do RUBIK.

Enquanto alguns indicadores são de autoria própria com base na observação do curso SDN-IPS, outros foram extraídos do trabalho de Crivelaro (2014) e contextualizados

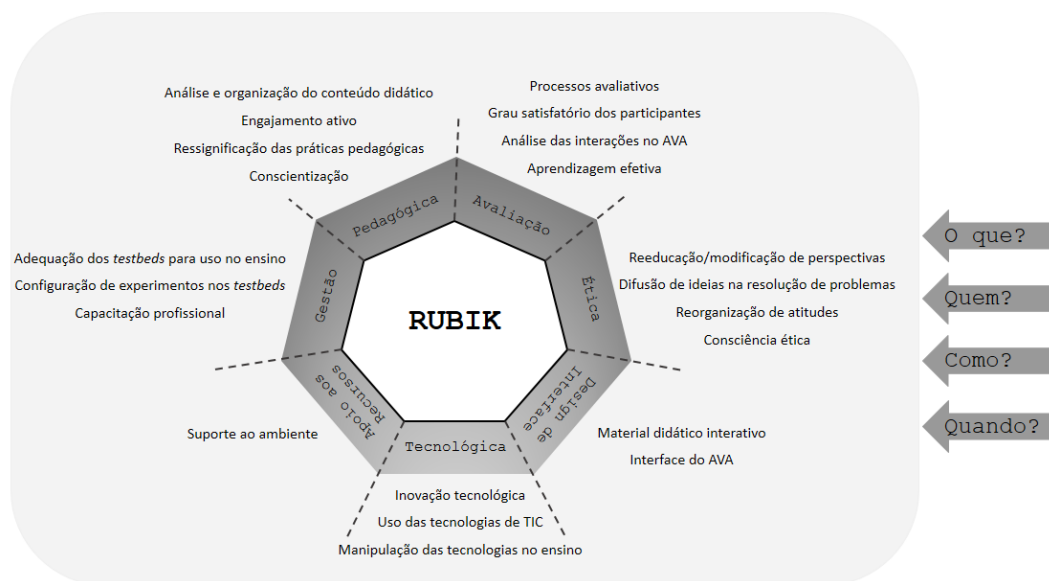


Figura 4.5 Dispositivo RUBIK
Fonte: Elaborada pela autora (2021).

dentro do cenário de *testbeds*. Essa escolha deveu-se ao fato de que a colaboração entre usuários para a resolução de problemas complexos é inerente ao uso de *testbeds*, e o trabalho de Crivelaro (2014) possui enfoque em processos colaborativos.

Para cada um dos indicadores destacados por dimensão foi também associado um conjunto de descritores. A tabela 4.2 apresenta os indicadores, seu significado e seus respectivos descritores, os quais representam o eixo “o que avaliar” de Silva e Silva (2008) e definem o que foi avaliado em cada indicador. Os demais eixos foram representados da seguinte forma:

- **Quem avalia:** o curso foi avaliado por alunos, professores e autores deste trabalho.
- **Como avaliar:** foi realizada análise de conteúdo do AVA, do material didático e dos questionários respondidos pelos alunos, além de entrevistas com os professores do curso e avaliação a partir da aplicação do dispositivo RUBIK.
- **Quando avaliar:** Antes do início do curso, foi verificado o nível de conhecimento da turma, mas a avaliação propriamente dita ocorreu após a finalização dele.

Tabela 4.2: Indicadores de Avaliação

Dimensão	Indicador	Significado	Descritor
Pedagógica	Processo de análise, desenvolvimento e organização do conteúdo didático	Maneira como os conteúdos são selecionados, elaborados e organizados.	Sequência dos conteúdos, adequação do conteúdo aos objetivos do curso, definição da estrutura e abrangência do conteúdo, dos slides e dos materiais complementares, integração dos conteúdos aos exercícios didáticos.
	Ressignificação das práticas pedagógicas (CRIVELARO, 2014)	Mudança docente para ajudar a mudar a dinâmica da sala de aula no mundo contemporâneo (CRIVELARO, 2014).	Inovação metodológica, mudanças pedagógicas, quebra de paradigma, características do ensino tradicional, estímulo ao convívio social como dispositivo de aprendizagem, mudanças nas atitudes e ações do público alvo.
	Conscientização (CRIVELARO, 2014)	Necessidade de aceitar novos desafios na elaboração de atividades de ensino (CRIVELARO, 2014).	Metodologias motivam e apoiam a postura autônoma dos alunos, existência de proposições inovadoras de ensino e aprendizagem, o professor assume o papel de mediador, o aluno assume o papel ativo, ocorre a aprendizagem centrada no aluno.
	Engajamento ativo (CRIVELARO, 2014)	“se refere a maneira pela qual os professores tentam proporcionar a todos, oportunidades de aprendizagem de boa qualidade” (CRIVELARO, 2014, p.77).	Novas possibilidades de aprendizagem, objetivos do curso estão sendo atingidos, mediação do processo educativo, ocorrência da construção colaborativa de novos conhecimentos.
Avaliação	Análise das Interações no AVA	Avaliação dos serviços de apoio aos estudantes no fórum de discussão.	Avaliação das mensagens trocadas pelos alunos e professores nos fóruns de discussão.
	Processos avaliativos	Forma como os alunos participantes foram avaliados.	Tipo de avaliação, critérios adotados nos instrumentos de avaliação, momento da avaliação.

Continua na próxima página

Tabela 4.2 – Continuação da página anterior

Dimensão	Indicadores	Significado	Descritor
Avaliação	Grau satisfatório dos participantes	Satisfação dos participantes (aluno, professor) como o curso como um todo.	Satisfação com a organização e conhecimento dos professores, satisfação geral com o curso (objetivos, metodologia, atividades, etc.)
	Aprendizagem efetiva	Capacidade dos alunos em transpor os conhecimentos adquiridos no curso para solucionar problemas do mundo real.	Conteúdo significativo/ contextualizado, aprendizagem significativa, retenção da aprendizagem, transformar conhecimentos em habilidades práticas.
Gestão	Adequação dos <i>testbeds</i> para uso no ensino	Relação entre os custos e os benefícios do uso dos <i>testbeds</i> para o ensino.	Qualidade do ensino, as escolas oferecem estrutura para que a tecnologia seja utilizada, aproveitamento de recursos já existentes nas instituições de ensino.
	Capacitação profissional	Capacidade do corpo docente em usar as novas tecnologias, incluindo os <i>testbeds</i> de forma a enriquecer o processo de ensino e aprendizagem.	O professor usa o ambiente de forma a direcionar o aluno ao conhecimento e objetivos traçados inicialmente, o professor explora a tecnologia de forma a melhorar o processo de ensino e aprendizagem, criatividade do professor para lidar com os imprevistos de configuração do ambiente de <i>testbeds</i> , elaboração de atividades significativas para atingir os objetivos da aula.
	Configuração de experimentos no <i>testbed</i>	Manipulação do ambiente de <i>testbeds</i> para o primeiro uso.	Acesso ao ambiente, criação de contas de usuário, alocação de recursos, disponibilidade do ambiente.
Ética	Reeducação / modificação das perspectivas (CRIVELARO, 2014)	Mudanças na postura dos participantes diante de um novo método de ensino.	Relação professor-aluno, postura ético-profissional dos professores, postura ética dos alunos.

Continua na próxima página

Tabela 4.2 – Continuação da página anterior

Dimensão	Indicadores	Significado	Descritor
Ética	Difusão de ideias na resolução de problemas	Compartilhamento de experiências para uma prática pedagógica mais efetiva.	Troca de experiências, liberdade para expor ideias, respeito ao pensamento de terceiros, participação dinâmica.
	Reorganização de atitudes (CRIVELARO, 2014)	Reflexão do impacto de atitudes colaborativas para o processo de ensino e aprendizagem.	Estímulo ao trabalho coletivo, busca por novas formas de ensinar e aprender, incentivo a colaboração.
	Consciência Ética	Compromisso com a aprendizagem para a transformação do ensino.	Responsabilidade compartilhada, participantes conscientes dos objetivos propostos, autorreflexão.
Apoio aos Recursos	Suporte ao ambiente	Suporte para correção de falhas durante um experimento no ambiente <i>testbed</i> .	Impacto das falhas do ambiente de <i>testbed</i> para o aprendizado, agilidade nas respostas às falhas do ambiente experimental, dificuldades em realizar um experimento no <i>testbed</i> .
Design de Interface	Interface do AVA	Interação dos participantes com a interface do AVA, verificando se a navegação pelo ambiente é clara e intuitiva, facilitando assim a experiência dos usuários.	Características do AVA, funcionalidade do AVA, organização do conteúdo disponibilizado no AVA.
	Material didático interativo	Navegabilidade, estrutura e linguagem dos materiais didáticos do curso.	Análise dos critérios que influenciam a interação e acompanhamento do estudante em relação ao material, linguagem dialógica, disposição do conteúdo, layout, adequação do conteúdo ao suporte, material gráfico adotado, diversidade de recursos adotados para apresentação das informações.

Continua na próxima página

Tabela 4.2 – Continuação da página anterior

Dimensão	Indicadores	Significado	Descritor
Tecnológica	Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC)	Utilização de TIC para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem.	Importância das TIC no apoio ao ensino, benefícios e relevância dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) para a aprendizagem, reconhecimento do AVA como memória viva do curso.
	Inovação Tecnológica (CRIVELARO, 2014)	Impacto do ambiente de <i>testbed</i> no aprendizado do aluno.	A tecnologia (<i>testbeds</i>) está provocando uma revolução da aprendizagem, o ambiente de <i>testbed</i> motiva o aluno, o ambiente de <i>testbed</i> proporciona colaboração entre aluno-professor-aluno.
	Manipulação das tecnologias no ensino	“Noção de que contemplar a tecnologia nos espaços escolares é necessário para se adequar à nova era, melhorando o processo de ensino e aprendizagem” (CRIVELARO, 2014, p.131)	Configuração do ambiente, recursos (hardware, software e conectividade) necessários, adequação e funcionamento do laboratório físico.

Elaborada pela autora (2021)

É importante destacar que, para a avaliação do indicador “**Análise das interações no AVA**”, foi utilizada a técnica de análise de conteúdo apresentada por Lago (2005) em seu trabalho. A técnica consiste no preenchimento de uma matriz com o objetivo de “possibilitar um feedback analítico relativo ao desenvolvimento do assunto, à mediação da discussão e à apropriação do conteúdo disponibilizado” (LAGO, 2005, p.98). A matriz foi preenchida a partir da sequência de interações entre os membros do curso com base nas interações do fórum de discussão. A sua estrutura e preenchimento podem ser vistos no Apêndice B.

A adoção do RUBIK como dispositivo de avaliação possibilitou a realização de uma análise detalhada do curso SDN-IPS, gerando resultados que contribuem para viabilizar uma experiência de ensino progressiva e centrada no aluno, além de destacar princípios fundamentais a serem adotados pelos professores para melhorar sua prática docente por meio desses ambientes. Os resultados da avaliação do curso SDN-IPS através do dispositivo RUBIK serão apresentados no capítulo 4.

4.3.1 Dimensão / indicador

Como mencionado, o RUBIK é composto por 7 dimensões e 21 indicadores de avaliação. Cada indicador possui ainda um conjunto de descritores associados e são eles que fornecem

clareza para os indicadores, indicando cada item avaliado e contribuindo para geração de recomendações a ser seguida pelos professores. Atualmente, as dimensões que compõem o RUBIK são: Pedagógica, Avaliação, Gestão, Ética, Apoio aos Recursos, Design de Interface e Tecnológica.

A dimensão **Pedagógica** é responsável pelos aspectos relacionados ao processo de ensino e aprendizagem como forma de promover uma mudança significativa na sala de aula. O seu foco é a mudança das posturas docente e discente para promover um ensino centrado no aluno, valorizando o desenvolvimento de um espaço colaborativo de aprendizagem, estimulando a busca por estratégias de ensino inovadoras, o equilíbrio entre teoria e prática, a qualidade do material didático e o engajamento dos alunos em aprender e desenvolver a capacidade crítica-reflexiva.

Ainda nessa dimensão, a comunicação foi tida como essencial, uma vez que a maneira como ela ocorre ajuda a definir a dinâmica do curso, sendo relevante para garantir sua qualidade. Além disso, uma comunicação multilateral (que ocorre entre todos os indivíduos) tende a estimular posturas inovadoras e questionadoras dos alunos. Os descritores dessa dimensão analisam aspectos que vão desde a seleção de conteúdos para material didático até o estímulo ao convívio social e à aprendizagem efetiva.

Na dimensão **Avaliação** é onde são definidos os mecanismos para análise do aprendizado estudantil e sua satisfação quanto à metodologia utilizada, além da verificação se as interações virtuais foram significativas para um ambiente de ensino colaborativo. O foco da dimensão são os critérios avaliativos utilizados para medir a aprendizagem efetiva dos alunos, garantindo um espaço com *feedback* deles para a melhoria do curso.

O objetivo dos descritores dessa área é verificar se ocorreu aprendizagem e se ela foi significativa, além de checar se os objetivos do curso definidos anteriormente foram atendidos. É importante destacar que a dimensão de avaliação foi fundamental para o processo de sinalização dos critérios a serem atendidos em novos cursos, uma vez que possibilitou a identificação de pontos fortes e fracos na edição do curso já realizado.

A dimensão **Gestão** está relacionada ao gerenciamento do ambiente de *testbed* utilizado, bem como a gestão de pessoal capacitado para manusear o ambiente em cenário educacional de forma a garantir que o mesmo seja adequadamente utilizado para o ensino de redes. O seu foco está em garantir que alunos e professores utilizem *testbeds* no ensino, desfrutando de todos os benefícios que essa tecnologia possa proporcionar.

Ainda nessa dimensão, fica clara a necessidade da compreensão da importância do gerenciamento de pessoas em projetos educacionais, principalmente aqueles desenvolvidos na modalidade de ensino a distância ou semipresencial. O objetivo dos seus descritores é garantir que o ambiente esteja disponível para uso, aproveitando-se de toda a infraestrutura que já há disponível na instituição, reduzindo assim os custos financeiros, além de analisar se o professor faz uso adequado da tecnologia.

A dimensão **Ética** é responsável por analisar a relação do discente com o professor e do aluno com seus pares, além da postura ético-profissional dos docentes no decorrer do curso. O foco é garantir um ambiente de ensino descontraído, com um clima que facilite a aprendizagem e no qual todos os estudantes possam falar e ser ouvidos, respeitando-se os pontos de vistas contrários.

Nessa dimensão são verificados quesitos como empatia e apreço pelo discente, já que a

interação professor-aluno influencia diretamente o processo educativo, contribuindo para uma aprendizagem mais ou menos facilitada. O objetivo de seus descritores é verificar e avaliar as formas de interação e colaboração para criar um ambiente de ensino que facilite a aprendizagem e estimule a autorreflexão, o respeito a terceiros e a consciência.

A dimensão **Apoio aos Recursos**, por sua vez, está intimamente ligada ao suporte recebido pelos professores para contornar as falhas que ocorrem no ambiente de *testbed* durante a configuração de um experimento. O seu foco está em garantir que o *testbed* funcione adequadamente durante a realização dos experimentos práticos, sejam eles durante uma aula presencial, em laboratório, ou durante o acompanhamento remoto de um experimento pelo AVA.

O objetivo dos indicadores dessa dimensão é verificar se as falhas ocorridas no *testbed* durante um experimento impactam significativamente o processo de ensino e aprendizagem e se isso tende a dificultar a adoção desta tecnologia no âmbito educacional. Ademais, vale ressaltar que um suporte solícito e agilidade na resolução de falhas técnicas do ambiente contribuem para torná-lo uma ferramenta elegível para uso no ensino, já que os professores precisam de alternativas eficientes para não comprometer negativamente o tempo de suas aulas.

A dimensão **Design de Interface** está relacionada, principalmente, à análise da interface do AVA e à disponibilização do material didático na plataforma virtual. No que tange às interfaces para Internet, é recomendado que elas sejam simples e intuitivas, apresentando fácil navegação e interação, pois há um consenso que, quanto mais difícil de se manipular uma interface, mais fácil é a possibilidade de ela ser substituída por outra tecnologia mais amigável.

É importante destacar que essa dimensão não se propõe a analisar a interface do *testbed* utilizado, tampouco a interface da ferramenta SDN-IPS, uma vez que a avaliação dessas funcionalidades não faz parte do escopo desse trabalho, ficando essa tarefa a cargo de outros participantes do grupo INSERT. Assim, o objetivo dos descritores é exclusivamente verificar se o design do AVA e dos materiais didáticos facilita o acesso às informações através de uma boa interação e navegabilidade.

Por fim, a dimensão **Tecnológica** é responsável pela definição das tecnologias a serem utilizadas, identificando como elas contribuem para proporcionar um ambiente de ensino adequado à aprendizagem. O seu foco é garantir que o software e o hardware escolhidos funcionem adequada e harmoniosamente durante o processo de ensino e aprendizagem.

Ainda nessa dimensão, é importante que as tecnologias selecionadas tenham um custo financeiro reduzido, já que uma das dificuldades de experimentação em redes é o alto custo para aquisição de equipamentos e a velocidade com que tais tecnologias se tornam obsoletas. Os objetivos dos descritores dessa dimensão são analisar a importância das TIC para o ensino, bem como investigar o impacto dos *testbeds* na aprendizagem dos alunos, refletindo sobre as adequações metodológicas para se trabalhar com esses ambientes em sala de aula.

AVALIAÇÃO MULTIDIMENSIONAL DO CURSO SDN-IPS ATRAVÉS DO RUBIK

O dispositivo RUBIK foi utilizado para avaliar o curso SDN-IPS sob diferentes perspectivas, buscando analisar e validar o uso dos *testbeds* como mecanismo de ensino. É importante destacar que a avaliação por meio desse dispositivo aconteceu após a finalização do curso e foi realizada através da análise dos questionários aplicados aos alunos e professores do curso SDN-IPS, do AVA, do material didático produzido e das interações no fórum de discussão do curso. Através desta aplicação foi possível obter resultados que contribuem para viabilizar uma experiência de ensino enriquecedora, promovendo uma aprendizagem progressiva e centrada no aluno. A tabela 5.1 apresenta uma síntese dos resultados da avaliação de cada indicador.

Tabela 5.1: Indicadores de Avaliação

Dimensão	Indicador	Descritor	Análise dos Resultados
Pedagógica	Processo de análise, desenvolvimento e organização do conteúdo didático	Sequência dos conteúdos, adequação do conteúdo aos objetivos do curso, definição da estrutura e abrangência do conteúdo, dos slides e dos materiais complementares, integração dos conteúdos aos exercícios didáticos.	Conteúdo didático condizente com os objetivos do curso e com grau de dificuldade gradativo. Conteúdo teórico condizente com os experimentos práticos, o que permite assegurar uma adequada integração entre conteúdo teórico e atividade prática.

Continua na próxima página

Tabela 5.1 – Continuação da página anterior

Dimensão	Indicador	Descritor	Análise dos Resultados
Pedagógica	Ressignificação das práticas pedagógicas (CRIVELARO, 2014)	Inovação metodológica, mudanças pedagógicas, quebra de paradigma, características do ensino tradicional, estímulo ao convívio social como dispositivo de aprendizagem, mudanças nas atitudes e ações do público alvo.	Mudança de um ensino conservador (aulas unicamente expositivas) para um ensino ativo intercalando uma atividade prática para cada conteúdo teórico. Estratégias de ensino que despertaram a autonomia do aluno para a aprendizagem. Bom convívio social nas aulas presenciais, porém pouco estimulado nos ambientes de ensino virtuais.
	Conscientização (CRIVELARO, 2014)	Metodologias motivam e apoiam a postura autônoma dos alunos, existência de proposições inovadoras de ensino e aprendizagem, o professor assume o papel de mediador, o aluno assume o papel ativo, ocorre a aprendizagem centrada no aluno.	As posturas adotadas pelos professores estimularam o ensino centrado no aluno, permitindo que eles tivessem controle dos seus processos de aprendizagem. Os docentes assumiram o papel de mediadores, buscando facilitar o acesso à informação pelos estudantes, deixando de lado a postura de detentores absolutos do conhecimento.
	Engajamento ativo (CRIVELARO, 2014)	Novas possibilidades de aprendizagem, objetivos do curso estão sendo atingidos, mediação do processo educativo, ocorrência da construção colaborativa de novos conhecimentos	Realização de atividades práticas inovadoras. Objetivos do curso alcançados. Razoável mediação dos professores, instruindo sempre que possível, a busca de informações em outros espaços de aprendizagem (sites, artigos tutoriais). Não ocorre construção do conhecimento de forma colaborativa, uma vez que os docentes não estimularam a troca de experiências entre os alunos nos espaços virtuais de aprendizagem colaborativa (fórum, chats, etc).

Continua na próxima página

Tabela 5.1 – Continuação da página anterior

Dimensão	Indicador	Descritor	Análise dos Resultados
Avaliação	Análise das Interações no AVA	Avaliação das mensagens trocadas pelos alunos e professores nos fóruns de discussão.	Baixa troca de experiências pessoais. Os professores se limitaram a responder os questionamentos dos alunos direcionando-os para leituras de materiais complementares, não estimulando a interação entre eles e seus pares. Baixa participação estudantil nas discussões do fórum. Interações insuficientes para criar um ambiente de ensino rico em colaboração, pois a maior parte das mensagens trocadas não agregavam conhecimento relevante aos alunos, uma vez que eram indiferentes às mensagens do tópico de discussão.
	Processos avaliativos	Tipo de avaliação, critérios adotados nos instrumentos de avaliação, momento da avaliação.	Avaliação baseada na aplicação de questionários sem definição de critérios precisos de avaliação. Uma foi realizada antes do início do curso (sondagem da aprendizagem) e outra após a sua finalização (verificar se o curso agregou conhecimento). A avaliação através do RUBIK se mostrou completa, contemplando todas as esferas de avaliação (professor, aluno, material, metodologia, tecnologias, etc.).
	Grau satisfatório dos participantes	Satisfação com a organização e conhecimento dos professores, satisfação geral com o curso (objetivos, metodologia, atividades, etc.)	Professores organizados, seguindo fielmente o cronograma, o que gerou satisfação dos alunos. Participantes (docentes e discentes) satisfeitos com os resultados do curso.

Continua na próxima página

Tabela 5.1 – Continuação da página anterior

Dimensão	Indicador	Descritor	Análise dos Resultados
Avaliação	Aprendizagem efetiva	Conteúdo significativo/ contextualizado, aprendizagem significativa, retenção da aprendizagem, transformar conhecimentos em habilidades práticas.	Os conteúdos escolhidos apresentavam relevância e possibilidade de aplicação na realidade profissional dos alunos, o que deixava o processo de aprendizagem mais significativo. Os estudantes acreditam ser capazes de aplicar o conhecimento adquirido no curso em outras situações e cenários similares.
Gestão	Adequação dos <i>testbeds</i> para uso no ensino	Qualidade do ensino, as escolas oferecem estrutura para que a tecnologia seja utilizada, aproveitamento de recursos já existentes nas instituições de ensino.	Foi possível aproveitar todos os recursos do laboratório de informática da instituição sem necessidade de investir em novos equipamentos. Por serem de baixo custo financeiro (o <i>testbed</i> e a ferramenta SDN-IPS), são adequados para experimentação em sala de aula. O ensino por meio desta infraestrutura se mostrou promissor e capaz de atender à demanda de experimentação para a área de redes, indicando assim contribuir com a melhoria da qualidade do ensino prático.
Continua na próxima página			

Tabela 5.1 – Continuação da página anterior

Dimensão	Indicador	Descritor	Análise dos Resultados
Gestão	Capacitação profissional	O professor usa o ambiente de forma a direcionar o aluno ao conhecimento e objetivos traçados inicialmente, o professor explora a tecnologia de forma a melhorar o processo de ensino e aprendizagem, criatividade do professor para lidar com os imprevistos de configuração do ambiente de <i>testbeds</i> , elaboração de atividades significativas para atingir os objetivos da aula.	Apesar das falhas de configuração do ambiente durante a realização de alguns experimentos, os professores conseguiram desenvolver estratégias de ensino alternativas para não comprometer a aula. Experimentos práticos vinculados à realidade do aluno. O ambiente de experimentação desperta o interesse do discente em aprender. Estudantes conscientes dos objetivos do curso.
	Configuração de experimentos no <i>testbed</i>	Acesso ao ambiente, criação de contas de usuário, alocação de recursos, disponibilidade do ambiente.	Fácil acesso à criação de contas no ambiente de experimentação, porém, por diversas vezes, o ambiente apresentou falhas durante o experimento (qualidade da conexão, indisponibilidade de recursos, etc.), necessitando da criatividade dos professores em propor alternativas para aproveitar o tempo da aula.
Ética	Reeducação / modificação das perspectivas (CRIVELARO, 2014)	Relação professor-aluno, postura ético-profissional dos professores, postura ética dos alunos.	Boa relação professor aluno. Discentes satisfeitos com a postura ético profissional dos docentes em conduzir o curso. Bom comportamento ético dos estudantes em se relacionar com os colegas e realizar as atividades propostas.
Continua na próxima página			

Tabela 5.1 – Continuação da página anterior

Dimensão	Indicador	Descritor	Análise dos Resultados
Ética	Difusão de ideias na resolução de problemas	Troca de experiências, liberdade para expor ideias, respeito ao pensamento de terceiros, participação dinâmica.	Os alunos não eram estimulados a compartilhar suas soluções e seus conhecimentos nos fóruns de discussão para ajudar outros colegas nas resoluções das questões. Porém, nos encontros presenciais, os discentes eram ouvidos e encorajados a expor suas dúvidas. Houve respeito à opinião dos colegas.
	Reorganização de atitudes (CRIVELARO, 2014)	Estímulo ao trabalho coletivo, busca por novas formas de ensinar e aprender, incentivo à colaboração.	Os alunos não foram estimulados a trabalhar coletivamente, entretanto alguns, por iniciativa própria, ajudaram os colegas na resolução de questões. Faltou empenho dos professores para criar um ambiente de aprendizagem colaborativo e acompanhar o progresso da aprendizagem no AVA.
	Consciência Ética	Responsabilidade compartilhada, participantes conscientes dos objetivos propostos, autorreflexão.	Os alunos assumiram a responsabilidade pelos seus processos de aprendizagens individuais, estando conscientes de que os objetivos do curso só seriam alcançados se todos estivessem engajados nessa proposta. Os professores estimularam a autonomia estudantil, permitindo que eles, ao mesmo tempo que aprendessem, refletissem sobre suas ações e comportamentos.
			Continua na próxima página

Tabela 5.1 – Continuação da página anterior

Dimensão	Indicador	Descritor	Análise dos Resultados
Apoio aos Recursos	Suporte ao ambiente	Impacto das falhas do ambiente de <i>testbed</i> para o aprendizado, agilidade nas respostas às falhas do ambiente experimental, dificuldades em realizar um experimento no <i>testbed</i> .	Os professores acreditam que as falhas do ambiente contribuem para deixar a experiência dos alunos com <i>testbeds</i> bem próxima da realidade dos meios de produção, formando assim profissionais mais seguros e capacitados. A RNP proporcionou um suporte completo e solícito aos professores para sanar as falhas de acesso e dificuldades de configuração do ambiente.
Design de Interface	Interface do AVA	Características do AVA, funcionalidade do AVA, organização do conteúdo disponibilizado no AVA.	AVA com informações dispersas e bagunçadas, não havendo nenhum tópico para organização do conteúdo. Assim, avisos, materiais didáticos, dúvidas e discussões eram postados no mesmo espaço, dificultando a filtragem de conteúdo. O AVA escolhido não apresentou falhas de configuração, ficando disponível aos alunos durante todo o tempo do curso.
	Material didático interativo	Análise dos critérios que influenciam a interação e acompanhamento do estudante em relação ao material, linguagem dialógica, disposição do conteúdo, layout, adequação do conteúdo ao suporte, material gráfico adotado, diversidade de recursos adotados para apresentação das informações.	Adoção de variados tipos de material didático (apostilas, tutoriais ilustrados, vídeos, artigos, etc.). O material didático não possuía linguagem dialógica, entretanto, em alguns momentos seu uso conseguiu suprir a ausência física do professor, sendo suficiente para auxiliar os alunos na resolução de atividades.
Continua na próxima página			

Tabela 5.1 – Continuação da página anterior

Dimensão	Indicador	Descritor	Análise dos Resultados
Tecnológica	Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC)	Importância das TIC no apoio ao ensino, benefícios e relevância dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) para a aprendizagem, reconhecimento do AVA como memória viva do curso.	Uso de TIC gerando novas formas de acesso ao conhecimento, permitindo romper as barreiras de tempo e espaço. AVA pouco utilizado e explorado no curso, não contribuindo assim para a geração de um ambiente rico em colaboração.
	Inovação Tecnológica (CRIVE-LARO, 2014)	A tecnologia (<i>testbeds</i>) está provocando uma revolução da aprendizagem, o ambiente de <i>testbed</i> motiva o aluno, o ambiente de <i>testbed</i> proporciona colaboração entre aluno-professor-aluno.	O uso do <i>testbed</i> proporcionou a realização de experimentos práticos em uma rede real e com equipamentos reais, o que contribuiu para uma mudança na forma de ensinar e de aprender conceitos de redes, além de motivar o aluno a participar da aula. Não houve estímulos à colaboração.
	Manipulação das tecnologias no ensino	Configuração do ambiente, recursos (hardware, software e conectividade) necessários, adequação e funcionamento do laboratório físico.	Houve dificuldades na configuração do ambiente pelos alunos, algumas falhas de hardware e software, além de instabilidade na conexão de rede. O laboratório físico funcionou adequadamente durante o curso.

Elaborada pela autora (2021)

Com a aplicação do dispositivo RUBIK, foi possível avaliar a experiência do curso realizado, percebendo que os ambientes de *testbeds* são significativos e promissores para possibilitar o ensino de redes. A fim de validar a importância e os benefícios do uso do RUBIK na elaboração e avaliação de novos cursos, foi desenvolvido e aplicado um questionário a professores pesquisadores que já utilizaram *testbeds* como ferramenta tecnológica para ensinar conteúdos de redes de computadores e se verificou que as dificuldades encontradas por esses profissionais se assemelham às encontradas pelos docentes do curso SDN-IPS, o que demonstra que seguir as recomendações propostas pelo RUBIK pode resultar em uma experiência bem-sucedida de ensino.

Na próxima seção, é possível encontrar um resumo com as características dos professores pesquisadores participantes do questionário para validação do RUBIK e, nas subseções seguintes, há a discussão completa de cada indicador por dimensão, além da análise das respostas obtidas através do questionário e as recomendações propostas para

5.1 QUESTIONÁRIO ONLINE COM PROFESSORES PESQUISADORES PARA VALIDAÇÃO DO RUBIK63

cada dimensão. Neste ponto, cabe destacar que a expressão “avaliador externo” presente nas subseções seguintes, faz referência aos autores deste trabalho, que avaliaram o curso SDN-IPS através do dispositivo RUBIK.

5.1 QUESTIONÁRIO ONLINE COM PROFESSORES PESQUISADORES PARA VALIDAÇÃO DO RUBIK

O questionário aplicado foi composto por 25 perguntas, sendo 08 questões abertas e 17 fechadas. As questões fechadas eram de múltipla escolha ou escala Likert com quatro opções de respostas pré-preenchidas. Para facilitar a disseminação e aplicação do instrumento de pesquisa, utilizamos o questionário online do *Google Docs*, disponibilizando-o ao nosso público respondente durante o período de 07-04-2021 até 23-08-2021.

Para responder ao questionário, buscamos professores de redes de computadores que já tiveram experiências com *testbeds* no ensino, pois o objetivo da sua aplicação era conhecer essas práticas para identificar as principais dificuldades encontradas por esses profissionais durante suas vivências. Após a identificação de docentes com esse perfil, entramos em contato com os possíveis entrevistados por e-mail, ocasião em que lhes foi enviado um convite contendo um link para participação da pesquisa. O convite foi encaminhado para um total de 14 professores em intervalos semanais, sendo reencaminhado mais duas vezes quando não se obtinha nenhum tipo de retorno. Apesar das diversas tentativas de contato, apenas 06 professores responderam ao questionário. A tabela 5.2 apresenta as características principais dos participantes.

Tabela 5.2: Característica dos Participantes da Pesquisa

Participantes	Instituição de Ensino / Estado	Sexo
Professor 1	Universidade Federal da Bahia (UFBA) - Bahia	Feminino
Professor 2	Universidade Federal da Bahia (UFBA) - Bahia	Masculino
Professor 3	Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) - Minas Gerais	Masculino
Professor 4	Universidade Federal de Pernambuco (UFPB) - Pernambuco	Masculino
Professor 5	Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) - Minas Gerais	Masculino
Professor 6	Universidade Federal do Ceará (UFC) - Ceará	Masculino

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Em relação a sua organização, utilizamos como categorias para classificar as questões as mesmas dimensões empregadas na criação do dispositivo RUBIK. Dessa forma, as categorias definidas são: Pedagógica, Avaliação, Gestão, Ética, Apoio aos Recursos, Design de

Interface e Tecnológica. Além disso, criamos também mais duas categorias: informações básicas, para delimitação das características dos participantes, e outros, para informações consideradas relevantes, mas que não se encaixavam em nenhuma das outras categorias. É importante ressaltar que o questionário não analisou cada indicador individualmente, mas sim a dimensão como um todo. Além disso, cabe destacar que as respostas do questionário também serviram como insumo para a produção do guia de recomendação apresentando no Capítulo 6.

5.2 DIMENSÃO PEDAGÓGICA

Esta seção apresenta a avaliação e discussão dos indicadores classificados dentro da dimensão Pedagógica do RUBIK, além das compreensões obtidas pelo questionário nesta mesma dimensão e suas recomendações. Os indicadores que serão discutidos aqui são: análise e organização do conteúdo didático, engajamento ativo, ressignificação das práticas pedagógicas e conscientização.

5.2.1 Análise, desenvolvimento e organização do conteúdo didático

O indicador análise e organização do conteúdo didático se refere, no contexto deste trabalho, às etapas de desenvolvimento do material didático utilizado no curso de extensão SDN-IPS. A partir dos eixos canônicos apresentados pela metodologia de Silva e Silva (2008), temos:

- **Quem avaliou?** Avaliadores externos e alunos do curso.
- **Quando foi avaliado?** Após a finalização do curso.
- **O que foi avaliado?** Sequência dos conteúdos, adequação do conteúdo aos objetivos do curso, definição da estrutura e abrangência do conteúdo, dos slides e dos materiais complementares, integração dos conteúdos aos exercícios e atividades.
- **Como foi avaliado?** Análise do material didático disponibilizado no AVA, entrevista com os professores e análise do formulário de avaliação inicial e final do curso.

O material didático utilizado durante o curso para auxiliar os alunos foram os slides das aulas, materiais complementares e uma apostila tutorial que continha todos os assuntos e atividades a serem trabalhadas. O conteúdo do tutorial foi criado antes do planejamento e estruturação do curso: assim, as aulas acabaram servindo como uma forma de validá-lo. É importante ressaltar também que todo o material foi produzido do zero pelos professores, exceto os materiais complementares, sendo a apostila tutorial resultado da chamada “2nd FIBRE Open Call” da RNP.

Para selecionar adequadamente os conteúdos a serem abordados, foi aplicado um questionário diagnóstico com o objetivo de identificar o nível de conhecimento de cada aluno sobre cada um dos tópicos. Com as respostas em mãos, foi possível construir slides focados nos conteúdos didáticos pouco conhecidos ou mesmo desconhecidos dos

estudantes, fortalecendo assim a discussão nesses tópicos. A tabela 5.3 apresenta uma análise dos critérios avaliados.

Tabela 5.3: Análise do conteúdo didático

Critérios avaliados	Análise realizada
Sequência dos conteúdos	O conteúdo foi estruturado de forma linear. Dessa forma, para avançar uma etapa, era necessário ter concluído a anterior. Essa linearidade permitiu aos estudantes, identificarem se de fato estavam aprendendo, o que deixou o processo de ensino e aprendizagem mais organizado e dinâmico.
Adequação do conteúdo aos objetivos do curso	O conteúdo didático estava adequadamente vinculado aos objetivos propostos para o curso, servindo como suporte para guiar os alunos na resolução das atividades práticas. Além disso, os estudantes conseguiram relacionar os conteúdos abordados no curso com as situações-problemas do dia a dia.
Estrutura e abrangência do conteúdo, dos slides e dos materiais complementares	O conteúdo foi estruturado em módulos com exercícios projetados ao final de cada módulo. Essa estruturação contribuiu para quebrar o ritmo da aula expositiva, incentivando o aluno a tornar-se mais participativo. Além disso, as práticas ficaram bem relacionadas com o conteúdo teórico abordado em cada módulo, mas nem todos os discentes concordaram com a estrutura com que os conteúdos foram apresentados, acreditando que algumas atividades práticas poderiam ter sido abordadas de forma diferente. Todo o material disponibilizado, conseguiu orientar bem a resolução dos roteiros de laboratório e enriquecer o tema estudado. Os slides eram condizentes com as atividades práticas propostas e isso gerou um alto nível de satisfação entre os participantes, pois, com o material em mãos, era possível criar uma boa sequência de estudos em casa e alcançar resultados satisfatórios de aprendizagem. Além disso, os materiais complementares apoiaram o aprofundamento dos estudos no tema.
Continua na próxima página	

Tabela 5.3 – Continuação da página anterior

Critérios avaliados	Análise realizada
Integração dos conteúdos aos exercícios e atividades práticas	Através do questionário inicial de avaliação, foi possível escolher tópicos que seriam explorados com maior ênfase, o que permitiu alcançar sucesso nas aulas teóricas e práticas. Todas as atividades foram condizentes com problemas do cenário real e apresentaram reais possibilidades de aplicação na vida profissional dos alunos.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Uma das maiores dificuldades relatadas pelos professores nesse indicador foi a criação dos roteiros de laboratório para as atividades práticas, pois, como não havia uma base de conhecimento público para consulta de questões, todas as atividades precisaram ser construídas do zero, o que demandou muito tempo e dedicação dos professores. Com uma base de questões para consulta aberta sobre o tema, o professor poderia otimizar seu tempo, usando-o, por exemplo, para criação de estratégias de ensino que facilitassem a aprendizagem, em vez de simplesmente elaborar as atividades.

5.2.2 Resignificação das práticas pedagógicas

O indicador ressignificação das práticas pedagógicas se refere, no contexto deste trabalho, a mudanças docentes para atualizar a dinâmica da sala de aula, sobretudo na perspectiva de integração da teoria à prática. A partir dos eixos canônicos propostos na metodologia de Silva e Silva (2008), temos:

- **Quem avaliou?** Avaliadores externos.
- **Quando foi avaliado?** Após a finalização do curso.
- **O que foi avaliado?** Inovação metodológica, mudanças pedagógicas, conteúdo significativo/contextualizado, quebra de paradigma, características das práticas tradicionais de ensino, estímulo ao convívio social como dispositivo de aprendizagem, mudanças nas atitudes e ações do público alvo.
- **Como foi avaliado?** Análise do conteúdo didático, entrevista com os instrutores.

Durante a realização dos experimentos práticos, os instrutores precisaram fazer diversas adaptações de conteúdo devido a alguns problemas de funcionamento do ambiente de experimentação e são essas mudanças que enriquecem a prática pedagógica e possibilitam inovação metodológica, pois, para professores que lidam com salas de aulas cheias e diversificadas, saber se adaptar a mudanças é essencial. A tabela 5.4 apresenta uma análise dos critérios avaliados.

Tabela 5.4: Análise ressignificação das práticas pedagógicas

Crítérios avaliados	Análise realizada
Inovação metodológica	Os professores buscaram a todo momento por metodologias que facilitassem a integração das atividades práticas com o conteúdo expositivo trabalhado. O uso do <i>testbed</i> foi um diferencial na realização das atividades práticas, pois permitiu que os experimentos fossem feitos em uma rede real e justamente por isso ocorreram algumas falhas durante as práticas, o que fez com que o professor tivesse que se adequar para lidar com tais desafios, sem comprometer a dinâmica da aula.
Mudanças pedagógicas	Foi possível identificar mudanças na postura dos professores que passaram a encorajar os alunos a buscar um aprendizado autônomo. Para isso, indicaram diversas referências de leituras, abrindo mão assim da figura autoritária de detentores exclusivos do conhecimento.
Quebra de paradigma	Normalmente nas disciplinas de redes é apresentado todo o conteúdo teórico para posteriormente serem realizadas as práticas. No curso, a aula prática e a aula expositiva ocorreram de maneira intercalada, de forma a facilitar a compreensão dos conteúdos abordados. Os roteiros de laboratório prático guiavam os alunos a exercitarem todo o aprendizado adquirido nas aulas expositivas, explorando suas capacidades críticas e reflexivas.
Características do ensino tradicional	Mudança de um ensino passivo e conservador, no qual o professor está no centro do processo, para um ensino mais dinâmico que utiliza, além da aula expositiva, as atividades práticas, mantendo o aluno no centro do processo.
Estímulo ao convívio social como dispositivo de aprendizagem	De acordo com os instrutores, boa relação dentro da sala de aula, com diversos questionamentos dos alunos. Baixo estímulo ao convívio social nos AVA.
Mudanças nas atitudes e ações do público alvo	Mudanças posturais, em que o aluno saiu da postura de um estudante passivo-receptivo para assumir a postura de um discente ativo e questionador.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

O uso do *testbed* FIBRE no ensino permitiu romper algumas barreiras do ensino de redes, principalmente as relacionadas a limitações tecnológicas, pois possibilitou a realização de práticas em cenários reais sem a necessidade de laboratórios físicos de última geração. Ele garantiu também fortes mudanças nas posturas docentes, visto que, diante

de um ambiente de ensino inovador, foi preciso utilizar estratégias de ensino também inovadoras que valorizassem cada vez mais o aluno, já que, quando o professor orienta mais do que fala, a aprendizagem se torna mais significativa (BACICH; MORAN, 2018).

Uma das dificuldades relatadas nesse indicador foi a instabilidade do ambiente durante a realização de alguns experimentos, o que demandou estratégias para não comprometer a aula e a aprendizagem estudantil. Nesse sentido, os docentes optaram por enxergar nessas dificuldades a oportunidade de explorar situações-problemas sobre diferentes perspectivas. Além disso, o baixo convívio social no AVA também impactou o processo de ensino e aprendizagem.

5.2.3 Conscientização

O indicador conscientização se refere, no contexto deste trabalho, à capacidade dos instrutores em aceitar desafios para redefinir as atividades tradicionais do ensino de redes, fazendo uso do *testbed* FIBRE. A partir dos eixos canônicos propostos na metodologia de (SILVA; SILVA, 2008), temos:

- **Quem avaliou?** Avaliadores externos.
- **Quando foi avaliado?** Após a finalização do curso.
- **O que foi avaliado?** Metodologias motivam e apoiam a postura autônoma dos estudantes, existência de proposições inovadoras de ensino e aprendizagem, o professor assume o papel de mediador, o aluno assume o papel ativo, ocorre a promoção da aprendizagem centrada no aluno.
- **Como foi avaliado?** Análise do modelo das atividades propostas e entrevista com os instrutores.

Normalmente, o ensino de redes de computadores acontece de forma bastante conservadora, em que inicialmente os professores apresentam uma grande variedade de conceitos através de aulas expositivas e posteriormente realizam alguma atividade prática (SANTOS, 2016; OLIVEIRA, 2018). Através do uso do FIBRE, os docentes adquiriram consciência da necessidade de modificar essa concepção, desmistificando assim tal paradigma. A tabela 5.5 apresenta a análise dos critérios avaliados no indicador.

Tabela 5.5: Análise do Indicador Conscientização

Critérios avaliados	Análise realizada
Metodologias motivam e apoiam a postura autônoma dos estudantes	Apesar de não haver teoria pedagógica embasando a metodologia de aprendizagem adotada pelos professores, estes conseguiram despertar a autonomia dos estudantes, fazendo-os buscar, em outros espaços de aprendizagem, soluções para os problemas encontrados, estimulando-os assim a pensar criticamente sobre o tema estudado.
Existência de proposições inovadoras de ensino e aprendizagem	Apesar de não adotar uma metodologia de ensino específica, foi possível identificar o uso de algumas metodologias ativas de aprendizagem durante a realização do curso (aprendizagem baseada em problemas, sala de aula invertida, etc.), utilizando principalmente o estudo de caso com situações-problemas do cotidiano dos alunos.
Professor assume o papel de mediador	Professores se tornaram mediadores do processo de ensino e aprendizagem, reconhecendo não serem os detentores exclusivos do conhecimento, e então direcionaram o processo de ensino para uma forma mais centrada no aluno, buscando sempre equilibrar a teoria com a prática e colocando-se disponíveis para sanar dúvidas.
O estudante assume o papel ativo	Parte dos alunos se mostraram bastante seguros na realização das atividades práticas e contribuíram com a produção de vídeos tutoriais para ajudar os demais colegas. Entretanto, outros discentes pareceram não se adaptar bem ao modelo de ensino, preferindo não participar ativamente do processo. Nesse sentido, faltaram estratégias por parte dos professores em envolver todos os estudantes na busca pelo conhecimento.
Ocorre a promoção da aprendizagem centrada no aluno	Apesar das iniciativas em criar um espaço de aprendizagem centrado no aluno, não houve a elaboração de planos de estudos individuais que valorizassem o nível de conhecimento prévio dos participantes, o que acabou impactando a aquisição de conhecimento, pois tais planos poderiam proporcionar uma aprendizagem mais eficaz, uma vez que permitiriam a estudantes com conhecimentos mais avançados se aprofundarem ainda mais no conteúdo sem que isso afetasse ou mesmo prejudicasse os demais discentes.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Uma das dificuldades identificadas nesse indicador foi a capacidade dos professores em

motivar os alunos a participarem ativamente da aula, contribuindo para o aprendizado coletivo e colaborativo. Além disso, faltou a realização de atividades que acolhessem o conhecimento prévio do estudante com o objetivo de fortalecer o processo de ensino e aprendizagem.

5.2.4 Engajamento ativo

O indicador engajamento ativo se refere, no contexto deste trabalho, à dedicação dos professores em proporcionar um ensino de qualidade a todos os participantes. A tabela 5.6 apresenta a análise dos critérios avaliados nesse indicador. A partir dos eixos canônicos propostos na metodologia de Silva e Silva (2008), temos:

- **Quem avaliou?** Avaliadores externos e alunos participantes.
- **Quando foi avaliado?** Após a finalização do curso.
- **O que foi avaliado?** Novas possibilidades de aprendizagem, objetivos do curso estão sendo atingidos, mediação do processo educativo, ocorrência da construção colaborativa de novos conhecimentos.
- **Como foi avaliado?** Análise e observação do ambiente virtual e do formulário de avaliação final do curso, entrevista com instrutores.

Tabela 5.6: Análise do Indicador Engajamento Ativo

Critérios avaliados	Análise realizada
Novas possibilidade de aprendizagem	Possibilidade de aprender através da realização de atividades práticas, com equipamentos reais, em ambientes reais, sem a necessidade de estar dentro de uma laboratório físico de redes de última geração.
Objetivos do curso estão sendo atingidos	De acordo com o formulário de avaliação final respondido pelos alunos e a opinião dos professores, o curso atingiu os objetivos propostos de ensinar conceitos de rede e segurança.
Mediação do processo educativo	Moderada mediação nas aulas presenciais, conseguindo direcionar os discentes para a realização dos experimentos em sala e, sempre que possível, incentivando a busca de soluções de maneira autônoma através de consultas a fontes de ensino diversificadas (tutoriais, sites), porém baixa mediação nos fóruns de discussão, não estimulando um ambiente de ensino baseado em colaboração.
Continua na próxima página	

Tabela 5.6 – Continuação da página anterior

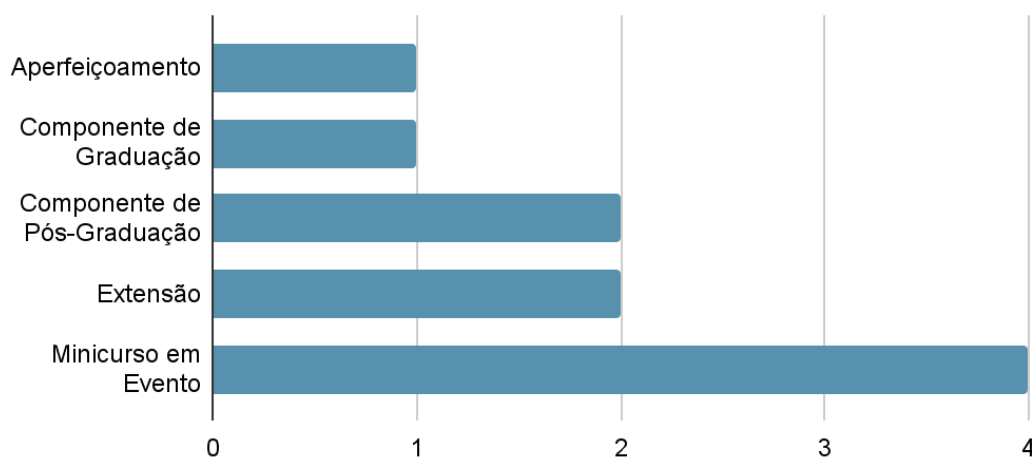
Critérios avaliados	Análise realizada
Ocorrência da construção colaborativa de novos conhecimentos	Interações superficiais entre os participantes, não promovendo um ambiente de aprendizagem colaborativa. Não houve estímulo dos professores em promover discussões.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Uma das dificuldades identificadas nesse indicador foi a baixa mediação dos professores nos AVA. Segundo os docentes, eles se colocaram à disposição para sanar dúvidas durante todo o período do curso, entretanto essa procura acabou acontecendo, predominantemente, nas aulas presenciais. Além disso, foi possível identificar também uma escassez no uso de metodologias que valorizassem a participação do aluno no centro do processo educativo. Uma justificativa que pode ter influenciado essa postura foi a ausência de utilização de bases pedagógicas focadas nesse propósito.

5.2.5 Análise das compreensões da categoria pedagógica pelos professores pesquisadores

Por meio da categoria pedagógica, o questionário buscou coletar dados relativos à abordagem pedagógica escolhida, motivações da escolha desta tecnologia, ocorrência de modificações e dificuldades pedagógicas, etc. No gráfico da figura 5.1, é possível ver os tipos de cursos que foram realizados. É importante mencionar que, em todas as perguntas objetivas dessa dimensão, cada respondente poderia escolher mais de uma alternativa como resposta, por isso os valores somados ultrapassam o número de entrevistados.

**Figura 5.1** Categoria de Cursos Realizados pelos Entrevistados

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

A partir do gráfico da figura 5.1, pode-se perceber que, devido ao uso de *testbeds* ser algo ainda novo no ensino, a maioria dos cursos realizados pelos professores entrevistados

aconteceram na forma de minicursos em eventos. Tais cursos tinham como objetivo divulgar o uso dos *testbeds* entre outros professores da comunidade de redes e assim tornar o seu uso uma tendência para o ensino.

Em seguida, foi pedido aos entrevistados que resumissem brevemente suas experiências com o curso, relatando como o mesmo aconteceu (avaliações, carga horária, metodologia, etc). Quatro deles relataram que as aulas ocorreram mesclando teoria e prática, ao passo que os outros dois não deixaram claro como foi a condução do curso. Apenas um deles descreveu o conteúdo didático trabalhado e o outro destacou as instabilidades detectadas no servidor durante a realização dos experimentos. Ver respostas completas no apêndice C.

Em relação às motivações para a produção do curso, houve um consenso entre os entrevistados (100%) que o fato do *testbed* representar um cenário real de redes de computadores foi fator decisivo para a escolha dessa tecnologia como ambiente de laboratório. Essa motivação condiz com a discussão apresentada até o momento nesta dissertação, que defende e incentiva o uso dos *testbeds* no ensino por ele apresentar características de uso similar às tecnologias empregadas nos ambientes de produção. Ademais, outras motivações mencionadas são apresentadas no gráfico da figura 5.2.

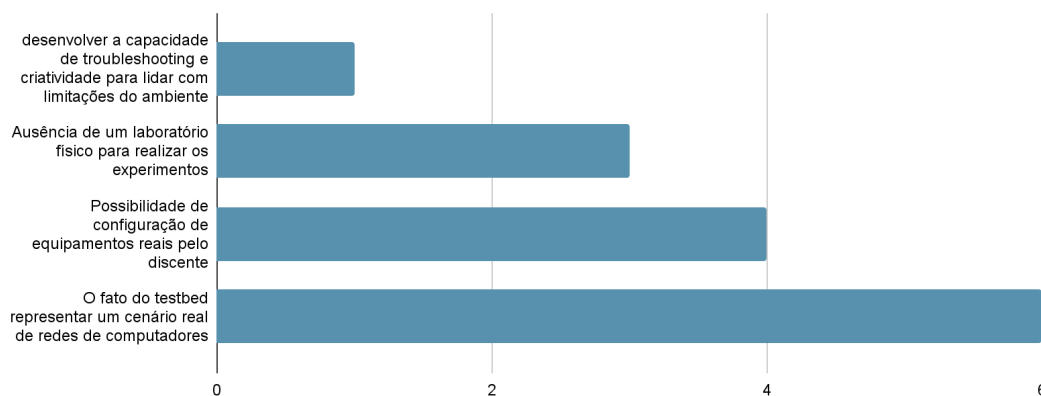


Figura 5.2 Motivações para uso de *testbeds*

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Pelo fato do *testbed* apresentar características diferentes dos softwares simuladores e emuladores (imprevisibilidade, rede real, etc.), entendemos que são necessárias algumas adaptações nas atividades realizadas para que se possa aproveitar ao máximo tal tecnologia. Ao serem questionados sobre tais modificações, 3 dos entrevistados relataram ter feito adaptações nas atividades práticas, 2 nas atividades teóricas, 1 na metodologia, 1 nas avaliações e 2 relataram não ter feito nenhum tipo de mudança, pois o curso foi pensado desde o início para funcionar neste cenário.

Ao analisar as respostas à questão de modificações e adaptações, percebeu-se que mais da metade dos professores entrevistados (4), entende a necessidade de realizar algum tipo de modificação em suas aulas e/ou atividades para conseguir aproveitar os benefícios oferecidos pelos *testbeds* no ensino. Essa característica de reconhecer a necessidade de

adaptações, coincide com o número de docentes que utilizaram algum tipo de Metodologias Ativas de Aprendizagem (MAA) como abordagem para conduzir o curso.

Dos respondentes, quatro relataram ter utilizado ao menos um tipo de MAA durante o curso, enquanto dois disseram não terem feito uso de nenhuma abordagem por não possuírem conhecimento suficiente sobre o tema. As MAA mencionadas pelos professores são apresentadas no gráfico da figura 5.3.

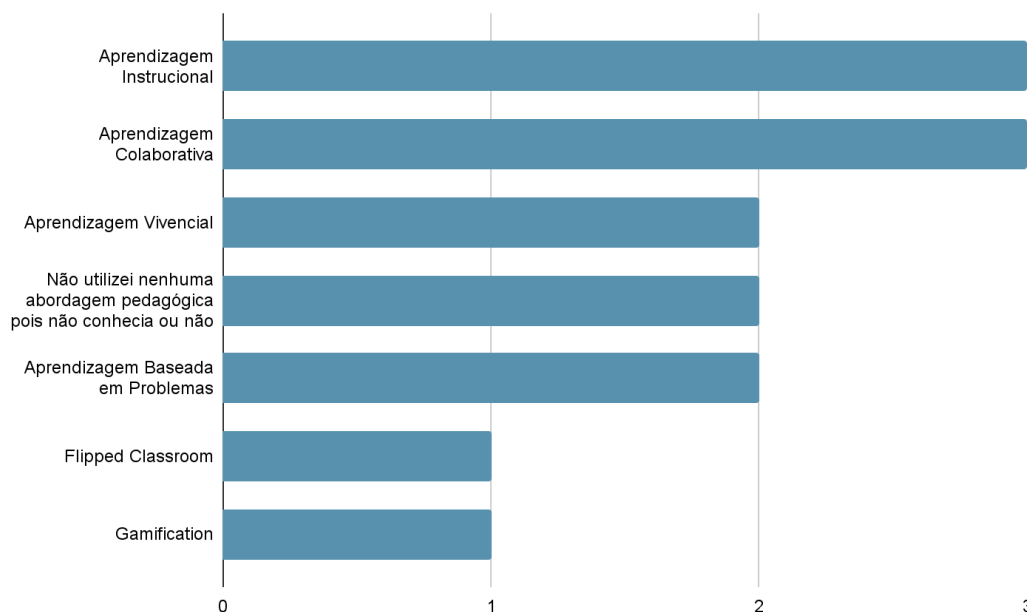


Figura 5.3 Abordagens Pedagógicas Utilizadas

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

A análise dessa questão nos permite refletir sobre a característica dos *testbeds* em proporcionar um aprendizado através da prática, pois como, podemos ver no gráfico da figura 5.3, a maioria das abordagens pedagógicas utilizadas geram conhecimento através de experiências práticas vivenciadas pelos alunos. Chamamos atenção também para a necessidade de se produzir material focado no uso de *testbeds* utilizando MAA, uma vez que alguns dos professores entrevistados relataram não possuir conhecimento sobre o assunto e entendemos que as MAA contribuem para tornar o aprendizado mais atrativo e dinâmico para o aluno.

Por fim, questionamos aos docentes quais dificuldades pedagógicas eles encontraram durante a condução do curso e identificamos que 50% dos entrevistados consideraram que a maior dificuldade estava relacionada ao processo de avaliação. Nesse sentido, salientamos a importância da utilização do RUBIK durante todo o processo de elaboração e execução de cursos utilizando *testbeds*, já que tal dispositivo foi desenvolvido de forma a dar suporte aos professores em diversos critérios (múltiplas dimensões), entre eles a avaliação. Ademais, outras dificuldades mencionadas são apresentadas no gráfico da figura 5.4.

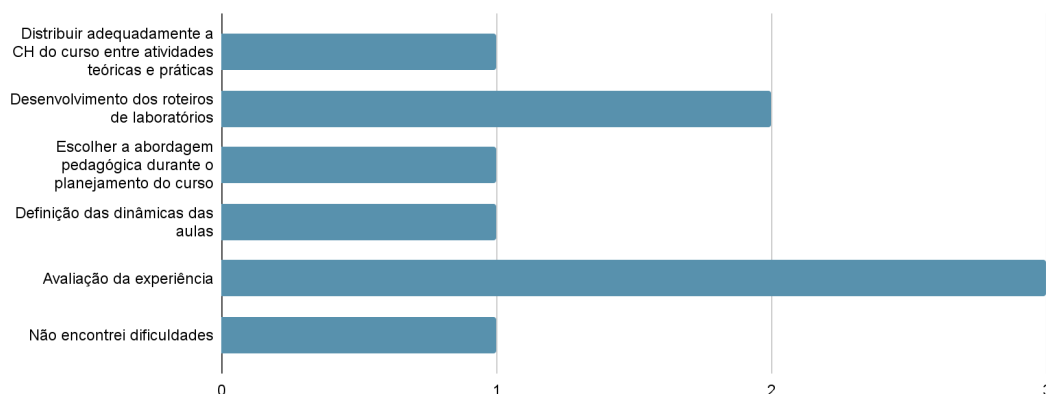


Figura 5.4 Dificuldades Pedagógicas Encontradas

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Ao analisar as contribuições trazidas pela categoria pedagógica, tanto pelo questionário, quanto pela avaliação através do RUBIK, foi possível identificar que ao mesmo tempo que as características dos *testbeds* (cenário real e equipamentos reais) foram fator decisivo para sua escolha como ambiente de laboratório, também impactaram o desenvolvimento dos cursos, já que modificações e/ou adaptações foram necessárias desde a fase de planejamento até a finalização dos mesmos. Além disso, destacamos ainda a dificuldade de alguns professores em trabalhar com uma abordagem diferente daquelas com que estão habituados e o quanto isso pode impactar o processo de ensino e aprendizagem, já que os *testbeds* demandam novas formas de ensinar e aprender.

5.3 DIMENSÃO AVALIAÇÃO

Esta seção apresenta a avaliação e a discussão dos indicadores classificados dentro da dimensão Avaliação do RUBIK, além das compreensões obtidas pelo questionário nessa mesma dimensão. Os indicadores que serão discutidos aqui são: análise das interações no AVA, processos avaliativos, grau satisfatório dos participantes e aprendizagem efetiva.

5.3.1 Análise das interações no AVA

O indicador análise das interações no AVA se refere, no contexto deste trabalho, às discussões e às mediações ocorridas no fórum de discussão do curso. A partir dos eixos canônicos propostos na metodologia de Silva e Silva (2008), temos:

- **Quem avaliou?** Avaliadores externos.
- **Quando foi avaliado?** Após a finalização do curso.
- **O que foi avaliado?** As mensagens trocadas pelos alunos e professores nos fóruns de discussão.

- **Como foi avaliado?** Análise do conteúdo das mensagens trocadas no fórum de discussão.

Como o curso ocorreu em formato semipresencial, o AVA foi utilizado como um apoio complementar da aula presencial, sendo o fórum de discussão a única ferramenta empregada para a comunicação entre os participantes nesse espaço. Apesar do fórum contar com mais de 80 mensagens trocadas entre os participantes do curso, observou-se que as interações ficaram centradas em um número restrito de alunos, já que dos mais dos 20 estudantes inscritos no curso, somente 6 colaboraram significativamente com as discussões.

Como apenas o quantitativo de interações entre os participantes não é suficiente para definir se houve relevância nelas, optou-se por avaliar o seu conteúdo. O tópico de discussão escolhido foi: “Acesso ao ambiente de experimentação FIBRE”, por possuir maior número de mensagens trocadas (31 interações). A técnica aplicada foi a análise de conteúdo proposta por Lago (2005). A tabela 5.7 apresenta a síntese da análise dos critérios avaliados neste indicador e no apêndice B é possível encontrar a tabela com a análise completa de todas as mensagens trocadas no tópico de discussão.

Tabela 5.7: Análise do Indicador Análise das Interações no AVA

Critérios avaliados	Análise realizada
Mensagens trocadas pelos alunos e professores nos fóruns de discussão	O tópico foi iniciado por um dos professores e se manteve ativo durante o período de 08 até 14 de março de 2018, com 31 mensagens trocadas. O objetivo era orientar os alunos na criação de usuário para acesso ao ambiente FIBRE. Foi possível identificar um ambiente com baixo nível de colaboração entre os participantes. Das 31 mensagens trocadas, nem todas foram consideradas relevantes ou contribuíram de alguma forma para o processo de ensino e aprendizagem. Foi possível perceber também uma razoável mediação dos instrutores limitada apenas a responder os questionamentos feitos pelos alunos, mas sem direcionar para uma interação ou estimular a participação e colaboração dos demais alunos. Apesar da baixa interação/colaboração, foi possível encontrar a iniciativa por parte de um discente em produzir vídeos autoexplicativos para auxiliar colegas que encontravam dificuldades de configuração do ambiente FIBRE. Essa iniciativa representa um alto grau de autonomia desse participante em direcionar sua aprendizagem e agir de forma proativa com o objetivo de colaborar com o aprendizado dos demais colegas.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

No geral, observou-se que o fórum, que deveria funcionar como uma ferramenta potente de colaboração, foi pouco utilizado pelos participantes no decorrer do curso, não

havendo estratégia por parte dos professores para reverter tal cenário. Apesar de ter havido mais de 80 interações, cabe destacar que a maioria delas não contribuía para o processo de ensino e aprendizagem, pois não agregava conhecimento algum aos participantes, já que tratava-se apenas de informações básicas, como: suspensão de aulas, interesse em manter acesso ao FIBRE entre outros.

5.3.2 Processos avaliativos

O indicador processos avaliativos se refere, no contexto deste trabalho, aos métodos de avaliação da aprendizagem aplicados pelos professores no decorrer do curso. A partir dos eixos canônicos propostos na metodologia de Silva e Silva (2008), temos:

- **Quem avaliou?** Avaliadores externos.
- **Quando foi avaliado?** Antes e após a finalização do curso.
- **O que foi avaliado?** Tipo de avaliação, critérios adotados nos instrumentos de avaliação, e momento da avaliação.
- **Como foi avaliado?** Análise dos questionários aplicados aos alunos.

Apesar de haver, no planejamento do curso, a realização de uma prova teórica ao final de cada módulo e a realização dos roteiros práticos de laboratório, nenhuma dessas tarefas foi utilizada como instrumento de avaliação pelos professores. Ao invés disso, os discentes foram avaliados através da aplicação de um questionário que levava em conta seu *feedback* no que dizia respeito a alguns aspectos do curso. A tabela 5.8 apresenta a análise dos critérios avaliados neste indicador.

Tabela 5.8: Análise do Indicador Processos Avaliativos

Critérios avaliados	Análise realizada
Tipo de avaliação	Questionário de sondagem do nível de aprendizagem dos alunos em relação ao conteúdo didático do curso. As respostas serviram para dar ênfase a assuntos de pouco conhecimento da turma. Questionário de autoavaliação que considerava o <i>feedback</i> do estudante em diversos aspectos do curso (satisfação, conhecimento adquirido, conhecimento dos professores, etc).
Continua na próxima página	

Tabela 5.8 – Continuação da página anterior

Critérios avaliados	Análise realizada
Critérios adotados nos instrumentos de avaliação	Não houve nenhum critério pedagógico adotado pelos professores para promover avaliação. Os docentes experimentaram o método de avaliar a partir de suas experiências pessoais e intuição. Esse tipo de avaliação pode comprometer e até mesmo influenciar o processo avaliativo, uma vez que os questionários podem apresentar respostas tendenciosas por parte dos alunos.
Momento da avaliação	Uma avaliação antes de iniciar o curso (diagnóstica) para conhecer o nível de conhecimento da turma sobre o assunto e uma avaliação ao final do curso. Nenhuma delas foi suficiente para qualificar o uso de <i>testbeds</i> no ensino, sendo necessário adotar métodos de avaliação mais precisos para garantir a qualidade do ensino.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Um dos problemas identificados nesse indicador foi a dificuldade dos professores em adotar critérios de avaliação mais assertivos, além de critérios que permitissem acompanhar o progresso do aluno no decorrer do curso. Além disso, é importante mencionar que as atividades práticas realizadas, tão importantes no decorrer do curso, não foram em nenhum momento utilizadas como instrumentos de avaliação para qualificar e/ou quantificar a aprendizagem.

5.3.3 Grau satisfatório dos participantes

O indicador grau satisfatório dos participantes se refere, no contexto deste trabalho, ao nível de satisfação dos alunos e professores com o curso. A partir dos eixos canônicos propostos na metodologia de Silva e Silva (2008), temos:

- **Quem avaliou?** Avaliadores externos, alunos participantes e professores.
- **Quando foi avaliado?** Após a finalização do curso.
- **O que foi avaliado?** Satisfação com a organização e conhecimento dos professores, satisfação geral com o curso (metodologia, objetivos, atividades práticas, etc.).
- **Como foi avaliado?** Análise dos questionários aplicados aos alunos e entrevista com os professores.

100% dos alunos que realizaram a avaliação final se mostraram muito satisfeitos com o curso realizado, sinalizando que indicariam a outras pessoas que participassem de novas versões oferecidas. Em relação à abordagem utilizada, 95% dos estudantes concordaram que a realização de atividades práticas em laboratórios é indispensável para o aprendizado na área de redes e, como a maioria das instituições de ensino não possui laboratórios

devidamente equipados para este fim, acabam utilizando recursos pessoais para realizar atividades práticas. A tabela 5.9 apresenta a análise dos critérios avaliados neste indicador.

Tabela 5.9: Análise do Indicador Grau Satisfatório dos Participantes

Critérios avaliados	Análise realizada
Satisfação com a organização e conhecimento dos professores	No geral, os participantes demonstraram estar satisfeitos com a organização e o planejamento dos professores, já que todo o cronograma do curso foi cumprido em tempo hábil, havendo uma excelente organização deles em lidar com os problemas de infraestrutura do FIBRE (indisponibilidade de recursos, falta de qualidade da conexão, etc.), seguindo uma boa abordagem de apresentação do conteúdo. Além disso, os alunos afirmaram que os professores demonstraram bastante confiança ao transmitir informações e isso se deve ao bom nível de conhecimento que demonstraram possuir sobre o tema.
Satisfação geral com o curso (objetivos, metodologia, atividades práticas, etc.)	Todos os alunos que responderam ao formulário de avaliação final se mostraram muito satisfeitos com o curso, indicando que o mesmo agregou conhecimentos extremamente relevantes para a área, porém nem todos se mostraram confortáveis e aptos a replicar o que aprenderam no curso em outros cenários. Eles concordaram que o conteúdo e a metodologia utilizada foram adequados e que os objetivos finais do curso foram alcançados. Com relação aos instrutores, estes se mostraram completamente satisfeitos com o curso, pois concordaram que os objetivos do mesmo foram atendidos.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Embora todos os participantes do curso tenham demonstrado avanço no nível de conhecimento acerca dos conteúdos abordados, inclusive aqueles que no início informaram possuir pouco ou nenhum conhecimento sobre a área, alguns sinalizaram não possuir a capacidade de replicar o conhecimento adquirido em cenários similares. Essa dificuldade em reaplicar o que aprenderam foi a principal dificuldade identificada nesse indicador.

5.3.4 Aprendizagem efetiva

O indicador aprendizagem efetiva se refere, no contexto deste trabalho, à capacidade dos alunos em transpor os conhecimentos adquiridos no curso para solucionar problemas do mundo real. A tabela 5.10 apresenta a análise dos critérios avaliados nesse indicador. A partir dos eixos canônicos propostos na metodologia de Silva e Silva (2008), temos:

- **Quem avaliou?** Avaliadores externos.
- **Quando foi avaliado?** Após a finalização do curso.
- **O que foi avaliado?** Conteúdo significativo/contextualizado, aprendizagem significativa, retenção da aprendizagem e transformar conhecimentos em habilidades práticas.
- **Como foi avaliado?** Análise do material didático, análise dos questionários respondidos pelos alunos e entrevista com os professores.

Tabela 5.10: Análise do indicador Aprendizagem Efetiva

Critérios avaliados	Análise realizada
Conteúdo significativo / contextualizado	O conteúdo possuía conexão com a realidade dos alunos, apresentando possibilidade de aplicação nos ambientes de trabalho dos mesmos, além de ser condizente com os objetivos do curso.
Aprendizagem significativa	Os materiais selecionados possuíam relevância para os estudantes e, segundo os professores, o uso de situações-problemas nas quais aplicar os conhecimentos adquiridos foi decisivo para possibilitar uma aprendizagem significativa, pois os discentes conseguiam fazer uma conexão entre o conteúdo estudado e sua aplicação no ambiente de trabalho.
Retenção da aprendizagem	Cerca de 83% dos alunos afirmaram que o uso do FIBRE tornou mais simples a assimilação do conteúdo teórico apresentado, pois eles passaram a aprender na prática o que antes era visto apenas na teoria e, com isso, acreditam ter adquirido um conhecimento mais sólido sobre o assunto.
Transformar conhecimentos em habilidades práticas	Apesar de mais da metade dos alunos concordarem que houve uma boa retenção do conhecimento, apenas 50% deles afirmam serem capazes de transformar o que foi aprendido em habilidades práticas, ou seja, metade deles não se sentem seguros para empregar, adequadamente, esses conhecimentos em outras situações de trabalho.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

O indicador de aprendizagem efetiva foi eficaz, confirmando que o uso do ambiente FIBRE, juntamente com a ferramenta SDN-IPS, tornou mais simples a assimilação do conteúdo, permitindo aos alunos identificar cenários do campo profissional onde a aplicabilidade do aprendizado adquirido fosse relevante. A única falha identificada foi a dificuldade dos discentes em se sentirem seguros para reaplicar o que aprenderam.

5.3.5 Análise das compreensões da categoria avaliação pelos professores pesquisadores

O questionário na categoria Avaliação buscou identificar os critérios que foram utilizados para promover a avaliação do curso como um todo e se esse foi um processo simples de se realizar. Nessa dimensão, iniciamos perguntando aos entrevistados sobre a periodicidade com que eles acompanharam o aprendizado de seus alunos. Como a maioria das experiências relatadas aconteceram em minicursos de eventos, a avaliação ficou restrita ao acompanhamento dos estudantes durante o momento da prática, não sendo seus resultados utilizados para melhorar o curso e por consequência o processo de ensino e aprendizagem. Além disso, um dos entrevistados relatou não ter conseguido realizar a avaliação justamente pelo formato do evento, que aconteceu com um tempo de execução restrito. O gráfico da figura 5.5 apresenta os momentos em que a avaliação foi realizada.

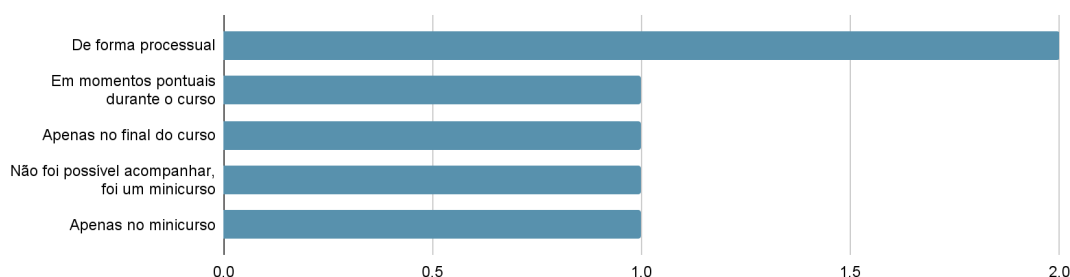


Figura 5.5 Periodicidade da Avaliação Discente

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Em seguida, questionamos aos respondentes se eles haviam avaliado suas experiências como um todo (material didático, infraestrutura, corpo docente, etc.) e, em caso afirmativo, solicitamos que explicassem como foi conduzido esse processo. Apenas dois professores relataram ter avaliado a sua prática de maneira formal, ambos por meio de questionários que foram aplicados aos alunos no final do curso, porém um deles não deixou claro quais itens foram avaliados. Ver as respostas completas e contribuições no apêndice C.

O professor que realizou a avaliação destacou que, além de os alunos avaliarem quesitos como o material didático e os docentes, foi realizada ainda uma reunião de lições aprendidas com toda a equipe envolvida no projeto, o que resultou na produção de um relatório no formato de artigo sobre a experiência. É importante mencionar que a falta de avaliação nas demais experiências dificulta a reorientação da prática pedagógica, uma vez que não permite aos seus desenvolvedores refletir sobre os fatores positivos e negativos do curso, impedindo assim a melhoria gradativa do processo de ensino e aprendizagem utilizando *testbeds*.

Por fim, questionamos aos entrevistados que não avaliaram suas experiências o motivo de não terem realizado essa etapa, já que o *feedback* obtido a partir dessa avaliação, poderia ajudar outros professores a realizar experiências similares. Como resposta à questão, observou-se que metade deles (50%) não via o processo avaliativo como essencial

naquele momento e que, por isso, não era importante ser considerado durante a execução do curso. Ademais, um outro fator mencionado foi a falta de tempo hábil para avaliar (50%).

Ao analisar as contribuições trazidas pela categoria avaliação, foi possível identificar que, na maioria das vezes, o ato de avaliar não é tido como importante para a evolução do processo de ensino e aprendizagem, sendo muitas vezes considerado apenas para a promoção ou retenção de um aluno em uma determinada fase escolar. Nesse sentido, destacamos que, em experiências com o uso de *testbeds* no ensino, a avaliação da experiência e não apenas do aluno desempenha um papel importante no processo, pois seus resultados contribuem para corrigir eventuais falhas e por consequência consolidar o uso da tecnologia no cenário educacional. Assim, o uso do dispositivo RUBIK é fortemente recomendado durante toda etapa do curso, desde a fase de planejamento até a efetiva avaliação.

5.4 DIMENSÃO GESTÃO

Esta seção apresenta a avaliação e a discussão dos indicadores classificados dentro da dimensão Gestão do RUBIK, além das compreensões obtidas pelo questionário nesta mesma dimensão. Os indicadores que serão discutidos aqui são: adequação dos *testbeds* para uso no ensino, capacitação profissional e configuração dos experimentos no *testbed*.

5.4.1 Adequação dos testbeds para uso no ensino

O indicador adequação dos *testbeds* para uso no ensino se refere, no contexto deste trabalho, à relação entre os custos e os benefícios do uso dos *testbeds* para o ensino. A tabela 5.11 apresenta a análise dos critérios avaliados neste indicador. A partir dos eixos canônicos propostos na metodologia de Silva e Silva (2008), temos:

- **Quem avaliou?** Avaliadores externos.
- **Quando foi avaliado?** Após a finalização do curso.
- **O que foi avaliado?** Qualidade do ensino, as escolas oferecem estrutura para que a tecnologia seja utilizada, aproveitamento de recursos já existentes nas instituições de ensino.
- **Como foi avaliado?** Análise dos questionários respondidos pelos alunos, entrevista com os professores.

Tabela 5.11: Análise do Indicador Adequação dos *Testbeds* para Uso no Ensino

Critérios avaliados	Análise realizada
Qualidade do ensino	Os alunos e professores consideraram que o uso de <i>testbeds</i> contribuiu para simplificar o ensino, tornando o aprendizado dos conceitos estudados mais simples e fáceis de compreender.
As escolas oferecem estrutura para que a tecnologia seja utilizada	Por não exigir equipamentos de última geração para acesso ao ambiente de experimentação, um simples laboratório de informática com computadores com acesso a Internet é capaz de atender à demanda para experimentação.
Aproveitamento dos recursos já existentes nas instituições de ensino	As práticas puderam ser realizadas em um laboratório de informática simples da instituição, atendendo perfeitamente à necessidade dos estudantes.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

O indicador adequação dos *tetsbeds* para uso no ensino não apresentou dificuldades para implantação, uma vez que a universidade onde o curso SDN-IPS foi realizado possuía laboratório de informática com quantidade suficiente de computadores para os alunos participantes e uma boa conectividade com a Internet. As dificuldades nesse indicador podem surgir no caso de instituições de ensino que não disponham de tal infraestrutura para realização de testes.

5.4.2 Capacitação profissional

O indicador capacitação profissional se refere, no contexto deste trabalho, à capacidade do corpo docente em usar as novas tecnologias, incluindo os *testbeds*, de forma a enriquecer o processo de ensino e aprendizagem. A tabela 5.12 apresenta a análise dos critérios avaliados nesse indicador. A partir dos eixos canônicos propostos na metodologia de Silva e Silva (2008), temos:

- **Quem avaliou?** Avaliadores externos, alunos.
- **Quando foi avaliado?** Após a finalização do curso.
- **O que foi avaliado?** O professor usa o ambiente de forma a direcionar o aluno ao conhecimento e objetivos traçados inicialmente, o professor explora a tecnologia de forma a melhorar o processo de ensino e aprendizagem, criatividade do professor para lidar com os imprevistos de configuração do ambiente de *testbed*, elaboração de atividades significativas para atingir os objetivos da aula.
- **Como foi avaliado?** Análise dos questionários respondidos pelos alunos, análise das atividades realizadas, análise do plano do curso.

Tabela 5.12: Análise do Indicador Capacitação Profissional

Critérios avaliados	Análise realizada
O professor usa o ambiente de forma a direcionar o aluno ao conhecimento e objetivos traçados inicialmente	O objetivo do curso era apresentar conceitos e práticas relacionadas com a construção de um Sistema de Prevenção de Intrusão baseado no paradigma de Redes Definidas por Software e OpenFlow. O <i>testbed</i> FIBRE funcionou de forma apropriada ao contexto, oferecendo aos alunos um ambiente propício à realização das práticas.
O professor explora a tecnologia de forma a melhorar o processo de ensino e aprendizagem	Os discentes acreditam que o uso do FIBRE contribuiu para o processo de assimilação do conteúdo, pois os professores trouxeram contribuições e exemplos que facilitaram o entendimento.
Criatividade do professor para lidar com os imprevistos de configuração do ambiente de <i>testbed</i>	Para lidar com as imprevisibilidades do ambiente, os docentes mostravam algumas ferramentas de depuração ou aproveitavam o tempo para tirar dúvidas dos alunos, o que contribuiu para não ficarem ociosos na aula presencial. Apesar disso, foi relatado que durante uma encontro a turma foi liberada, pois não era possível acessar o ambiente FIBRE.
Elaboração de atividades significativas para atingir os objetivos da aula	As atividades realizadas (teórica e prática) foram condizentes com os objetivos do curso. Além disso, havia casos de uso onde tais conhecimentos poderiam vir a ser aplicados futuramente.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

No curso SDN-IPS, os professores eram capacitados e possuíam extenso conhecimento sobre *testbeds*, o que facilitou sua inserção no ensino. Devido ao seu caráter inovador e por ainda ser pouco utilizado com foco educacional, o despreparo e desconhecimento dos docentes sobre essa tecnologia pode se apresentar como uma dificuldade do indicador, pois não existe ainda uma capacitação voltada para tal contexto.

5.4.3 Configuração de experimentos no *testbed*

O indicador configuração de experimentos no *testbed* se refere, no contexto deste trabalho, à manipulação do ambiente de *testbed* para o primeiro uso. A tabela 5.13 apresenta a análise dos critérios avaliados neste indicador. A partir dos eixos canônicos propostos na metodologia de Silva e Silva (2008), temos:

- **Quem avaliou?** Avaliadores externos.
- **Quando foi avaliado?** Após a finalização do curso.

- **O que foi avaliado?** Acesso ao ambiente, criação de contas de usuário, alocação de recursos, disponibilidade do ambiente.
- **Como foi avaliado?** Análise do material didático, análise das interações no AVA e entrevista com os professores.

Tabela 5.13: Análise do Indicador Configuração de Experimentos no *Testbed*

Crítérios avaliados	Análise realizada
Acesso ao ambiente	Muitos alunos tiveram dificuldades para acessar e configurar o ambiente de <i>testbed</i> para primeiro uso. Isso aconteceu pois a maior parte dos estudantes não possuíam conhecimentos sobre o mesmo. Um discente produziu um vídeo explicativo ilustrando um passo a passo.
Criação de contas de usuários	Houve dificuldades de alguns alunos em criar suas contas de usuários. Foi disponibilizado um tutorial passo a passo no AVA para a realização da tarefa.
Alocação de recursos	Durante alguns momentos, os recursos necessários não estavam disponíveis para alocação. Havia também um tutorial para auxiliar nesta tarefa.
Disponibilidade do ambiente	Em alguns momentos da aula, houve indisponibilidade do ambiente para realização de algumas práticas. Houve também algumas falhas nas ilhas do FIBRE que impactaram seu uso para a configuração dos experimentos.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

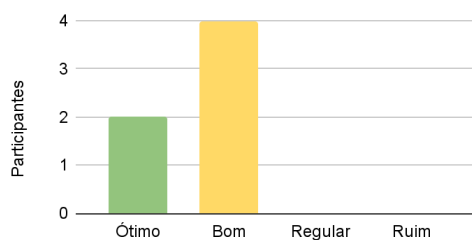
A dificuldade encontrada nesse indicador se refere às características de infraestrutura do ambiente que, durante a realização de alguns experimentos, acabou ficando indisponível. Ademais, certos alunos não possuíam conhecimentos específicos sobre o ambiente, o que acabou atrasando a realização de alguns experimentos. Apesar disso, todos consideraram que as práticas foram satisfatórias e pertinentes.

5.4.4 Análise das compreensões da categoria gestão pelos professores pesquisadores

Na categoria gestão, buscou-se coletar dados relacionados à postura docente diante de uma nova ferramenta para o ensino de redes, uma vez que ter pessoal capacitado para manusear o ambiente é fundamental para o sucesso da experiência. É importante destacar que, na questão de múltipla escolha referente a essa dimensão, cada entrevistado poderia escolher mais de uma alternativa como resposta e por isso os valores somados ultrapassam o número de respondentes.

Iniciamos solicitando aos entrevistados que avaliassem a sua postura docente no decorrer do curso, através de uma escala Likert variando de 1 a 4, onde 4 quer dizer ótimo e 1 significa ruim. Os resultados são apresentados nos gráficos das figuras 5.6, 5.7 e 5.8.

(a) Entusiasmo para Propor Estratégias de Ensino Variadas



(b) Criatividade para Lidar com as Imprevisibilidades do Ambiente

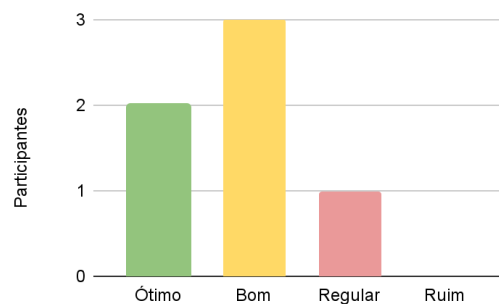
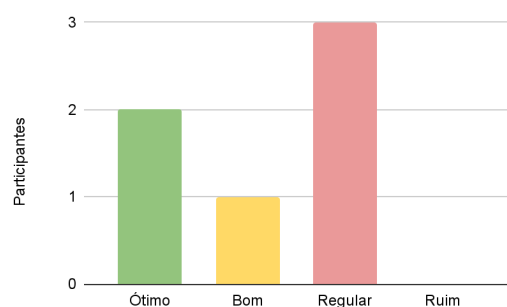


Figura 5.6 Postura Docente
Fonte: Elaborada pela autora (2021)

(a) Motivação para Produzir Material Didático Diverso



(b) Capacidade de Proposição de Atividades, Considerando os Objetivos de Cada Aula

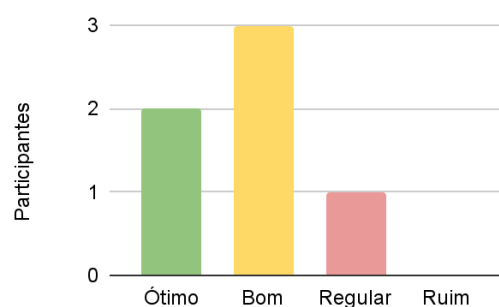
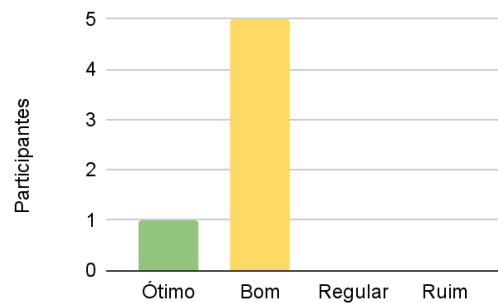


Figura 5.7 Postura Docente
Fonte: Elaborada pela autora (2021)

(a) Interesse no Acompanhamento da Aprendizagem dos Discentes

**Figura 5.8** Postura Docente

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

Ao analisar as contribuições trazidas pela questão, observou-se que a maior parte dos professores empenharam-se em desenvolver as atividades do curso, buscando sempre por estratégias de ensino adequadas para os diversos momentos da aula, em especial quando ocorriam falhas e indisponibilidade do ambiente durante um experimento. Essa capacidade de conseguir adequar a aula devido às falhas de infraestrutura reflete o domínio do professor sobre a tecnologia e o quanto isso impacta o processo de ensino e aprendizagem, pois garante que todos os envolvidos (alunos e professores) desfrutem dos benefícios que os *testbeds* podem oferecer para o ensino, inclusive quando se encontram indisponíveis.

Apesar disso, nem todos os docentes consultados demonstraram motivação e entusiasmo para produzir o material didático, o que tende a impactar a qualidade do curso e a autonomia de estudo dos discentes, dado que o material didático contém explicações que complementam a fala do professor durante a aula e que por isso tende a guiar o aluno no desenvolver das atividades previstas. No que se refere ao uso de *testbeds*, esses materiais contribuem ainda para tornar a prática de ensino menos complexa já que, ao disponibilizar o conteúdo, outros docentes que não possuem tanta experiência com a ferramenta podem solucionar problemas complexos de configuração do ambiente de forma rápida e precisa.

Em seguida, questionamos aos professores quais objetivos eles buscaram atingir durante o processo de planejamento de seus cursos. Para isso, disponibilizamos uma lista contendo um conjunto de objetivos, sendo estes os mesmos que são apresentados na resolução N^o 5 de 16 de novembro de 2016.

Nesse sentido, houve um consenso dos entrevistados (100%) que o principal objetivo foi oferecer oportunidades para que o aluno domine os fundamentos teóricos sobre redes de computadores. Como já mencionado, o estudante de redes tende a entender melhor os conceitos teóricos quando estes podem ser experienciados de alguma forma e é nesse contexto que os *testbeds* contribuem para fortalecer o processo de ensino e aprendizagem, pois proporcionam uma experiência prática similar às atividades que ocorrem nos meios de produção da área. Ademais, outros objetivos mencionados podem ser vistos no gráfico da figura 5.9.

Ao analisar as contribuições trazidas pela categoria Gestão, foi possível identificar a

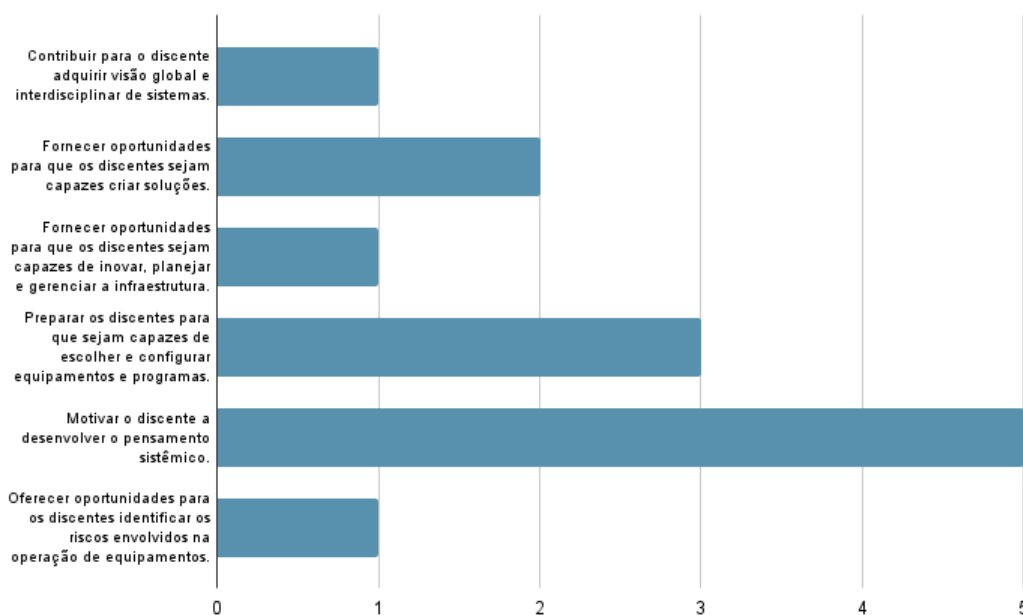


Figura 5.9 Objetivos do curso
Fonte: Elaborada pela autora (2021).

importância de possuir pessoal capacitado para manusear o ambiente de *testbed* de forma a aproveitar todos os seus requisitos no ensino. Nesse contexto, notamos que a dedicação do professor durante o planejamento do curso utilizando tal ambiente é fundamental para garantir o seu sucesso. Assim, é importante que esse profissional se engaje na busca por metodologias que promovam o dinamismo e a interação na aula. Além disso, é importante chamar atenção para quesitos como material didático e acompanhamento da aprendizagem que muitas vezes tendem a passar despercebidos no planejamento do professor, mas que são essenciais para um ensino de qualidade.

5.5 DIMENSÃO ÉTICA

Esta seção apresenta a avaliação e a discussão sobre os indicadores classificados dentro da dimensão Ética do RUBIK, além das compreensões obtidas pelo questionário nessa mesma dimensão. Os indicadores que serão discutidos aqui são: reeducação/ modificação das perspectivas, difusão de ideias na resolução de problemas, reorganização de atitudes e consciência ética.

5.5.1 Reeducação/modificação de perspectivas

O indicador reeducação/modificação de perspectivas se refere, no contexto deste trabalho, a mudanças na postura dos participantes diante de um novo método de ensino. A tabela 5.14 apresenta a análise dos critérios avaliados neste indicador. A partir dos eixos canônicos propostos na metodologia de Silva e Silva (2008), temos:

- **Quem avaliou?** Avaliadores externos, alunos e professores.
- **Quando foi avaliado?** Após a finalização do curso.
- **O que foi avaliado?** relação professor-aluno, postura ético-profissional dos professores e postura ética dos alunos.
- **Como foi avaliado?** Análise do modelo das atividades propostas, análise do questionário respondido pelos alunos e entrevista com os professores.

Tabela 5.14: Análise do Indicador Reeducação/Modificação de Perspectivas

Critérios avaliados	Análise realizada
Relação professor-aluno	Houve uma excelente relação aluno-professor, tanto dentro como fora da sala de aula, com uma interação bastante positiva entre as partes. Os estudantes buscavam tirar dúvidas com os docentes durante as aulas presenciais e estes relataram estar sempre dispostos a esclarecê-las.
Postura ético-profissional dos professores	Os alunos ficaram satisfeitos com a postura dos professores ao decorrer do curso, os quais demonstraram atenção e cuidado ao tirar dúvidas, zelo na produção do material didático, além de primazia na realização dos experimentos.
Postura ética dos alunos	Os discentes demonstraram compromisso com o curso, realizando as atividades propostas. Houve respeito com os professores, comportamento adequado nas aulas presenciais, linguagem adequada e respeitosa nas discussões do fórum.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

É possível afirmar que ambos os grupos de participantes, professores e alunos, estavam cientes do seu papel e compromisso com o curso. Dessa forma, os estudantes buscaram alcançar o aprendizado de forma mais autônoma possível e os docentes se colocaram à disposição ao longo desse processo. Nesse contexto, é possível dizer que não foram identificadas dificuldades nesse indicador.

5.5.2 Difusão de ideias na resolução de problemas

O indicador difusão de ideias na resolução de problemas se refere, no contexto deste trabalho, ao compartilhamento de experiências para uma prática pedagógica mais efetiva. A tabela 5.15 apresenta a análise dos critérios avaliados nesse indicador. A partir dos eixos canônicos propostos na metodologia de Silva e Silva (2008), temos:

- **Quem avaliou?** Avaliadores externos.
- **Quando foi avaliado?** Após a finalização do curso.
- **O que foi avaliado?** Troca de experiências, liberdade para expor ideias, respeito ao pensamento de terceiros e participação dinâmica.
- **Como foi avaliado?** Análise das interações no AVA, análise do questionário respondido pelos alunos e entrevista com os professores.

Tabela 5.15: Análise do Indicador Difusão de Ideias na Resolução de Problemas

Critérios avaliados	Análise realizada
Troca de experiências	Troca de experiências insuficientes para criar um ambiente de aprendizagem colaborativa. Não houve estímulo dos professores para promover essa troca no AVA.
Liberdade para expor ideias	O fórum de discussão era um ambiente para o aluno expor suas ideias e dúvidas sem ser criticado, porém os professores não estimularam essa exposição, o que resultou em poucos alunos apresentando seus pontos de vista aos colegas. Apesar de não ter sido incentivado, os discentes possuíam consciência de que poderiam expressar seus pensamentos, tanto na aula presencial quanto no AVA.
Respeito ao pensamento de terceiros	Apesar das poucas interações, não houve desrespeito com os pensamentos dos colegas: todos os alunos respeitaram os pontos de vista apresentados. Não foi encontrado no AVA nem relatado pelos professores ou estudantes qualquer divergência ou falta de respeito com os pensamentos que foram expostos.
Participação dinâmica	Nem todos os alunos participaram dinamicamente do processo de ensino e aprendizagem. Alguns apenas realizaram as atividades propostas, mas sem se envolver diretamente nas discussões ou colaborar ativamente com os colegas.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

A principal dificuldade identificada no indicador foi a falta de incentivo dos professores em promover um ambiente colaborativo de ensino, onde os alunos fossem estimulados a compartilhar conhecimentos para construir aprendizagens. Apesar disso, todos os participantes demonstraram uma postura ética adequada durante o curso, respeitando os questionamentos que foram expostos.

5.5.3 Reorganização de atitudes

O indicador reorganização de atitudes se refere, no contexto deste trabalho, à reflexão do impacto de atitudes colaborativas para o processo de ensino e aprendizagem. A tabela 5.16 apresenta a análise dos critérios avaliados neste indicador. A partir dos eixos canônicos propostos na metodologia de Silva e Silva (2008) temos:

- **Quem avaliou?** Avaliadores externos.
- **Quando foi avaliado?** Após a finalização do curso.
- **O que foi avaliado?** Estímulo ao trabalho coletivo, busca por novas formas de ensinar e aprender e incentivos à colaboração.
- **Como foi avaliado?** Análise das interações no AVA, análise do questionário respondido pelos alunos e entrevista com os professores.

Tabela 5.16: Análise do Indicador Reorganização de Atitudes

Critérios avaliados	Análise realizada
Estímulo ao trabalho coletivo	Não houve estímulo ao trabalho coletivo.
Busca por novas formas de ensinar e aprender	A todo instante, os professores buscavam alternativas para expor o conteúdo teórico, aproveitando a potencialidade oferecida pelo ambiente FIBRE na hora de realizar os experimentos práticos. As atividades práticas eram diferenciadas e foram cuidadosamente planejadas para o curso.
Incentivos à colaboração	Não houve nenhum tipo de incentivo à colaboração.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Todas os problemas identificados nesse indicador estão relacionados com a ausência de colaboração entre os alunos para o processo de construção do aprendizado. Houve uma dificuldade dos professores em conduzir o ensino de forma colaborativa e compartilhada, o que acabou acarretando a falta dos simples trabalhos em grupos, que tendem a ser eficazes na soluções de problemas que podem ocorrer nos experimentos práticos devido aos diversos olhares para a mesma questão (CRIVELARO, 2014).

5.5.4 Consciência ética

O indicador consciência ética se refere, no contexto deste trabalho, ao compromisso com a aprendizagem para a transformação do ensino. A tabela 5.17 apresenta a análise dos critérios avaliados neste indicador. A partir dos eixos canônicos propostos na metodologia de Silva e Silva (2008), temos:

- **Quem avaliou?** Avaliadores externos.
- **Quando foi avaliado?** Após a finalização do curso.
- **O que foi avaliado?** Responsabilidade compartilhada, participantes conscientes dos objetivos propostos e autorreflexão.
- **Como foi avaliado?** Análise do questionário respondido pelos alunos e entrevista com os professores.

Tabela 5.17: Análise do Indicador Consciência Ética

Crítérios avaliados	Análise realizada
Responsabilidade compartilhada	Os professores dividiram a responsabilidade do aprendizado com o aluno que foi estimulado ao ensino ativo. Os docentes atuaram como coadjuvantes, ao passo que os alunos passaram a ser responsáveis por construir seu conhecimento, tendo na figura do professor um apoio para o processo.
Participantes conscientes dos objetivos propostos	Antes de iniciar o curso, os alunos foram apresentados aos seus objetivos e, no decorrer das aulas, se mostraram satisfeitos com a forma como tudo foi conduzido para alcançar tais objetivos.
Autorreflexão	Não foi relatado ter havido nenhum tipo de autorreflexão dos estudantes e/ou professores no decorrer do curso.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Não foram identificadas dificuldades nesse indicador, entretanto foi possível concluir que a ausência de autorreflexão dos alunos quanto ao processo de ensino e aprendizagem pode ter contribuído para a falta de colaboração identificada no indicador reorganização de atitudes, uma vez que essa reflexão permitiria que as atitudes individuais fossem reorganizadas (CRIVELARO, 2014). Apesar disso, o indicador apresentou resultados adequados nos demais critérios avaliados.

5.5.5 Análise das compreensões da categoria ética pelos professores pesquisadores

Na categoria ética, buscou-se identificar a postura do aluno diante da inserção de uma nova tecnologia no processo de ensino e aprendizagem, analisando se houve motivação entre esses estudantes e o professor para desenvolver um espaço de ensino colaborativo e descontraído, facilitando assim a aprendizagem do conteúdo. É importante destacar que na questão de múltipla escolha relacionada a esta dimensão, cada entrevistado poderia escolher mais de uma alternativa como resposta, por isso, os valores somados ultrapassam o número de respondentes.

Iniciamos solicitando aos professores entrevistados que avaliassem a postura dos seus alunos no decorrer do curso em relação a alguns critérios. Para isso, disponibilizamos alternativas que deveriam ser avaliadas por meio de uma escala do tipo Likert, variando de 1 a 4, em que 4 significava ótimo e 1 ruim. Os resultados podem ser vistos nos gráficos das figuras 5.10, 5.11 e 5.12.

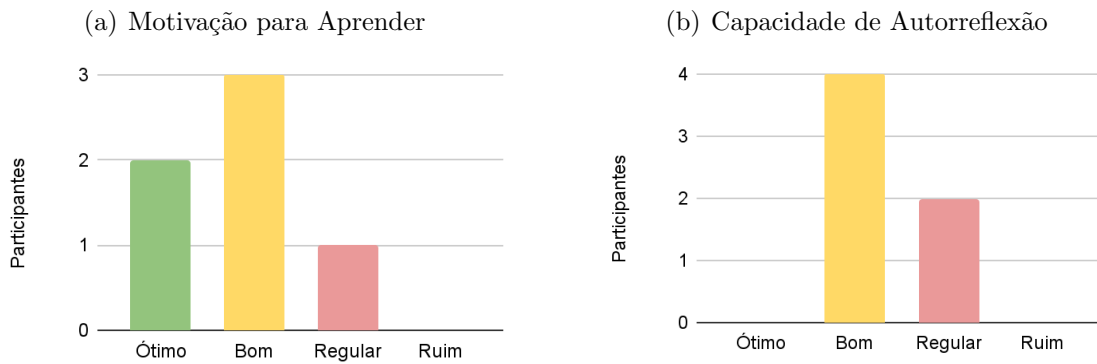


Figura 5.10 Postura Discente
Fonte: Elaborada pela autora (2021)

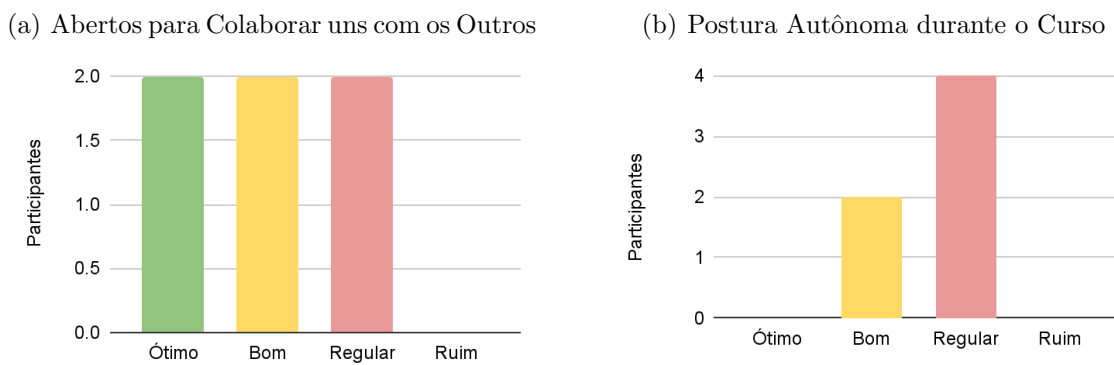


Figura 5.11 Postura Discente
Fonte: Elaborada pela autora (2021)

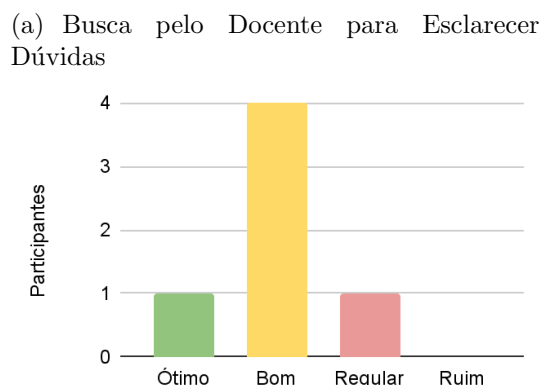


Figura 5.12 Postura Discente
Fonte: Elaborada pela autora (2021)

Ao analisar as contribuições trazidas pela questão, notou-se que a maior parte dos alunos dos cursos analisados (alunos de 4 cursos) ainda não se adaptaram ao modelo de ensino em que ele está no centro do processo de ensino e aprendizagem. Isso acontece pois, até pouco tempo o modelo de ensino que predominava era o tradicional, no qual o professor estava no centro do processo, possuindo todo o conhecimento e o estudante apenas recebia às informações passadas. Com a mudança de paradigma, esses discentes ainda estão se adaptando a uma nova forma de aprender. Apesar disso, observou-se que a colaboração, fator importante nesse modelo, foi bem desenvolvida e trabalhada entre eles.

Percebeu-se ainda que, na maioria dos cursos realizados, os alunos mostraram-se motivados a aprender e pareciam se interessar pelo uso do *testbed*, buscando, sempre que necessário, o professor para esclarecer dúvidas que surgiam à medida que avançavam no conteúdo e no desenvolver dos experimentos. Essa postura, contribuiu para desenvolver a capacidade de autorreflexão e, conseqüentemente, criar um espaço de ensino onde predominou o respeito mútuo e a interação entre todos os sujeitos participantes do processo (alunos e docentes), facilitando assim a aquisição de novos conhecimentos.

É importante ressaltar que os professores relataram ter havido uma boa relação entre eles e os alunos, sempre prevalecendo o respeito e a empatia, o que contribuiu para tornar o processo de ensino e aprendizagem leve e descontraído. Também questionamos aos professores quais habilidades e competências eles buscaram desenvolver nos estudantes durante o curso. As respostas são apresentadas na figura 5.13.

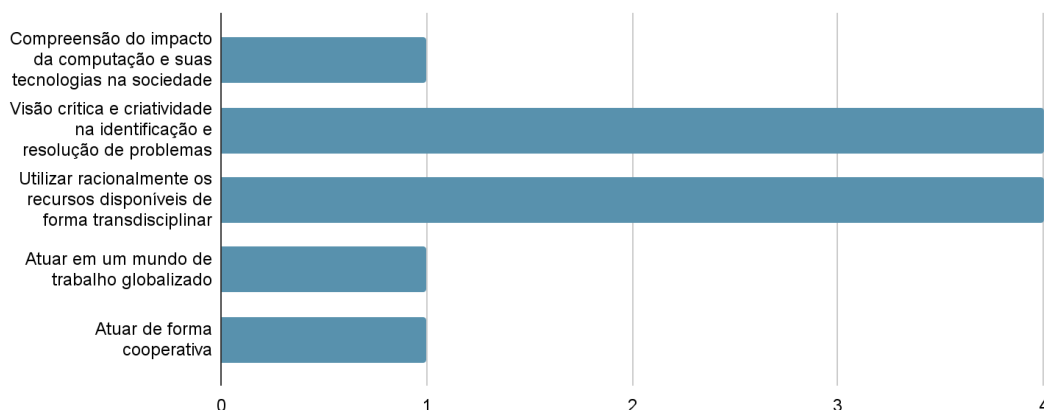


Figura 5.13 Habilidades e Competências a ser Desenvolvidas

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Observou-se nas respostas a esta questão que os objetivos dos docentes eram voltados a desenvolver um pensamento crítico e criativo nos alunos, preparando-os para enfrentar as adversidades encontradas durante suas inserções no mercado de trabalho, atuando sempre de forma a usar os recursos tecnológicos a seu favor. Nesse sentido, destaca-se que as principais contribuições dessa dimensão estão em desenvolver as capacidades de colaboração, autorreflexão, respeito, empatia e autonomia para os estudos entre os participantes, despertando o interesse em aprender e explorar a tecnologia de forma crítica e criativa.

5.6 DIMENSÃO APOIO AOS RECURSOS

Esta seção apresenta a avaliação e a discussão dos indicadores classificados dentro da dimensão Apoio aos Recursos do RUBIK, além das compreensões obtidas pelo questionário nessa mesma dimensão. O único indicador a ser discutido é: suporte ao ambiente.

5.6.1 Suporte ao ambiente

O indicador suporte ao ambiente se refere, no contexto deste trabalho, ao suporte técnico para correção de falhas durante um experimento no ambiente *testbed*. A tabela 5.18 apresenta a análise dos critérios avaliados neste indicador. A partir dos eixos canônicos propostos na metodologia de Silva e Silva (2008), temos:

- **Quem avaliou?** Avaliadores externos, alunos e professores.
- **Quando foi avaliado?** Durante e após a finalização do curso.
- **O que foi avaliado?** Impacto das falhas do ambiente de *testbed* para o aprendiz, agilidade nas respostas às falhas do ambiente experimental e dificuldades em realizar um experimento no *testbed*.

- **Como foi avaliado?** Entrevista com os professores e análise das mensagens nos fóruns de discussão.

Tabela 5.18: Análise do Indicador Suporte ao Ambiente

Crítérios avaliados	Análise realizada
Impacto das falhas do ambiente de <i>testbed</i> para o aprendizado	Durante as aulas presenciais, as falhas do ambiente não impactaram negativamente o aprendizado, pois os professores usaram alternativas para minimizar o problema. Nos experimentos realizados remotamente (de casa), muitos alunos não conseguiram solucionar os problemas de falhas e/ou indisponibilidade do ambiente, impedindo-os de concluir as atividades práticas e impactando negativamente o processo de ensino e aprendizagem.
Agilidade nas respostas às falhas do ambiente experimental	A equipe de suporte ao FIBRE prestou um serviço de excelência, se comprometendo a solucionar os problemas o mais rápido possível.
Dificuldades em realizar um experimento no <i>testbed</i>	Durante alguns momentos, o ambiente apresentou falhas (falta de qualidade na conexão, indisponibilidade de recursos, etc.), o que resultou na não conclusão de alguns experimentos durante as aulas presenciais.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Apesar da disposição do suporte técnico em resolver rapidamente as falhas que o ambiente FIBRE apresentou durante certos experimentos, alguns alunos ficaram insatisfeitos por não conseguirem concluí-los em tempo hábil. Assim, as dificuldades detectadas no indicador estão relacionadas à indisponibilidade do ambiente em alguns períodos.

5.6.2 Análise das compreensões da categoria apoio aos recursos pelos professores pesquisadores

Foi questionado aos professores entrevistados quais as dificuldades técnicas que eles encontraram durante a manipulação do *testbed* para a realização de experimentos. É importante destacar que cada docente poderia escolher mais de uma alternativa como resposta, por isso, os valores somados ultrapassam o número de entrevistados. Nessa questão, houve um consenso entre os respondentes (66,7%) de que as principais dificuldades estavam associadas à configuração do ambiente e a sua indisponibilidade durante a realização dos experimentos. Ademais, outros entraves são apresentados no gráfico da figura 5.14.

Nessa questão, é importante destacar que todos os entrevistados informaram ter encontrado algum tipo de dificuldade durante o uso do ambiente, mesmo alguns possuindo muito domínio da tecnologia. Podemos afirmar que isso acontece devido às características do *testbed* ser construído sob uma rede real, demonstrando as mesmas particularidades

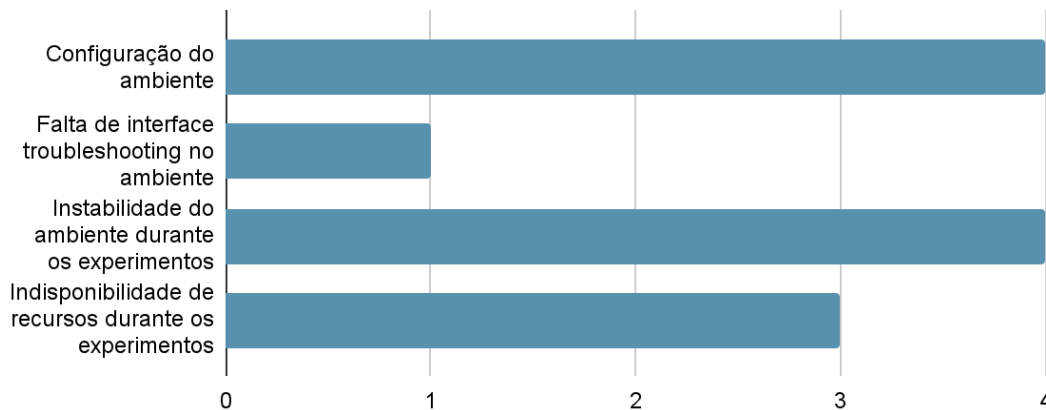


Figura 5.14 Dificuldades técnicas do ambiente *Testbed*

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

dos meios de produção, que normalmente apresentam falhas frequentes em suas configurações.

Normalmente, o suporte para solucionar as falhas do ambiente, principalmente aquelas relacionadas à indisponibilidade, costuma ser rápido, não afetando diretamente o processo de ensino e aprendizagem. Entretanto, muitas vezes, isso compromete o tempo reservado à aula, fazendo com que os experimentos sejam realizados de forma remota (fora da instituição de ensino) pelos alunos. No fator indisponibilidade de recursos, destaca-se que a reserva dos que serão utilizados deve ser feita com antecedência pelo experimentador, justamente para evitar situações desagradáveis durante o experimento, já que pode haver em um mesmo *testbed* diversos experimentadores conectados ao mesmo tempo.

Nesse sentido, observou-se que 50% dos entrevistados, possivelmente, não fizeram a alocação de todos os recursos necessários para realização de seus experimentos, já que enfrentaram algum tipo de indisponibilidade dos mesmos. Entretanto, vale ressaltar que as falhas que ocorreram não comprometeram o sucesso dos cursos realizados, apenas serviram de aprendizado para experiências futuras.

De forma geral, as contribuições da categoria estão em garantir que o ambiente de *testbed* funcione de forma adequada e precisa durante os experimentos. Além disso, é importante assegurar um suporte rápido e eficaz para as falhas que ocorrerem, já que as aulas têm um tempo determinado e os professores precisam avançar no conteúdo de forma frequente para não comprometer o processo de ensino e aprendizagem.

5.7 DIMENSÃO DESIGN DE INTERFACE

Esta seção apresenta a avaliação e a discussão dos indicadores classificados dentro da dimensão Design de Interface do RUBIK, além das compreensões obtidas pelo questionário nessa mesma dimensão. Os indicadores que serão discutidos aqui são: interface do AVA e Material didático interativo.

5.7.1 Interface do AVA

O indicador interface do AVA se refere, no contexto deste trabalho, à interação dos participantes com a interface do AVA, verificando se a navegação pelo ambiente é clara e intuitiva, facilitando assim a experiência dos usuários. A tabela 5.19 apresenta a análise dos critérios avaliados neste indicador. A partir dos eixos canônicos propostos na metodologia de Silva e Silva (2008), temos:

- **Quem avaliou?** Avaliadores externos.
- **Quando foi avaliado?** Após a finalização do curso.
- **O que foi avaliado?** Características do AVA, funcionalidade do AVA e organização do conteúdo disponibilizado no AVA.
- **Como foi avaliado?** Análise do AVA do curso.

Tabela 5.19: Análise do Indicador Interface do AVA

Critérios avaliados	Análise realizada
Características do AVA	O AVA utilizado no curso foi o Moodle e, apesar de haver diversas ferramentas para comunicação, como chat, diário, lição, tarefa, apenas o fórum de discussão foi utilizado com essa finalidade. A filtragem de conteúdo nesta ferramenta não funcionava adequadamente. A maneira como foi personalizado o AVA acabou por não seguir algumas recomendações de acessibilidade e usabilidade, como por exemplo o termo <i>links</i> úteis que poderia ser melhor nomeado como referências complementares.
Funcionalidade do AVA	As abas de navegação possuíam nomes autoexplicativos. As informações não estavam separadas por títulos, o que dificultava a filtragem de conteúdo.
Organização do conteúdo disponibilizado no AVA	O conteúdo disponibilizado no AVA foi separado por módulos e disponibilizado à medida que era estudado, o que facilitava para o professor na hora de sugerir atividades práticas direcionadas ao tema. O conteúdo não estava disposto adequadamente, sendo necessário navegar por diversas abas até encontrar a informação desejada.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Um dos problemas detectados nesse indicador diz respeito à organização das informações no fórum de discussão. No geral, elas estavam bem desorganizadas, com avisos, discussões, dúvidas e atividades práticas no mesmo espaço, sem a criação de tópicos de separação, o que dificultava a filtragem de conteúdo. Além disso, nem sempre era simples encontrar um material desejado no AVA.

5.7.2 Material didático interativo

O indicador material didático interativo se refere, no contexto deste trabalho, à navegabilidade, estrutura e linguagem dos materiais didáticos do curso. A tabela 5.20 apresenta a análise dos critérios avaliados nesse indicador. A partir dos eixos canônicos propostos na metodologia de Silva e Silva (2008), temos:

- **Quem avaliou?** Avaliadores externos.
- **Quando foi avaliado?** Após a finalização do curso.
- **O que foi avaliado?** Análise dos critérios que influenciam a interação e o acompanhamento do estudante em relação ao material dialógico, linguagem dialógica, disposição do conteúdo, layout, adequação do conteúdo ao suporte, material gráfico adotado, diversidade de recursos adotados para apresentação das informações.
- **Como foi avaliado?** Análise do material didático no AVA.

Tabela 5.20: Análise do Indicador Material Didático Interativo

Critérios avaliados	Análise realizada
Análise dos critérios que influenciam a interação e o acompanhamento do estudante em relação ao material dialógico	Não foi possível identificar critérios que influenciassem a interação dos alunos. Não havia critérios dialógicos nos materiais, que possuíam apenas algumas imagens com intuito de ilustrar certos cenários. Também não foi possível identificar critérios que auxiliassem o acompanhamento da aprendizagem estudantil a partir do material didático produzido.
Linguagem dialógica	O material produzido não possuía linguagem dialógica.
Disposição do conteúdo, layout, adequação do conteúdo ao suporte	O material (slide) foi disponibilizado por módulos e cada um deles fazia referência a um conteúdo a ser abordado. Havia links para alguns materiais complementares.
Material gráfico adotado	A apostila tutorial possuía exemplos ilustrativos de alguns cenários. Havia ilustrações com todo o passo a passo dos roteiros de laboratórios e uma logo de identificação do FIBRE e da UFBA, além de uma nota de rodapé referenciando os autores e a chamada de qual o material foi resultado.
Diversidade de recursos adotados para apresentação das informações	Utilização de slides, apostila tutorial com imagens, apostilas, artigos científicos.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Uma das dificuldades encontradas nesse indicador se refere à produção de um conteúdo dialógico, capaz de auxiliar o aluno durante o processo de ensino e aprendizagem. Este tipo de conteúdo consegue suprir a ausência física do professor, fazendo com que o aluno não se sinta só durante o processo de aprendizagem (BELISÁRIO, 2003), além de criar um ambiente de interação. Por não atender a esses critérios básicos, em alguns momentos do curso SDN-IPS, o material didático produzido não foi suficiente para encaminhar os discentes para a resolução dos exercícios e conseqüentemente promover a aprendizagem.

5.7.3 Análise das compreensões da categoria design de interface pelos professores pesquisadores

As questões relacionadas a essa dimensão buscaram identificar quais os materiais didáticos que foram utilizados durante a realização dos cursos, analisando se esses facilitaram o acesso a novas informações, contribuindo para a promoção da aprendizagem. Como a maioria dos cursos realizados não utilizou nenhum tipo de AVA para disponibilização do material didático, não analisamos a sua disposição neste tipo de plataforma.

Destaca-se que cada um dos entrevistados poderiam escolher mais de uma alternativa como resposta, por isso, os valores somados ultrapassam o número de respondentes. Nessa questão, o uso do slide ocorreu de forma predominante, sendo empregado por todos os entrevistados em algum momento do curso. Outros tipos de materiais utilizados são apresentados no gráfico da figura 5.15.

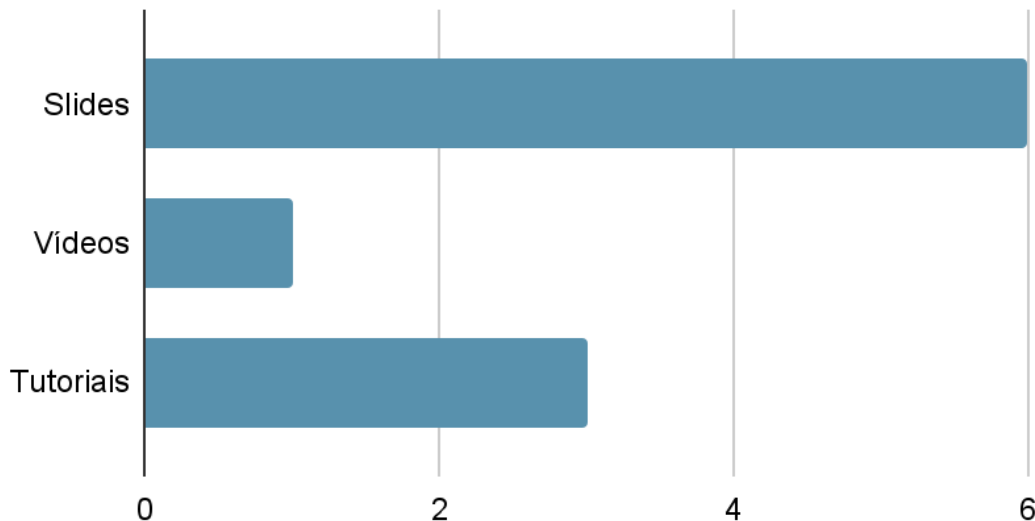


Figura 5.15 Abordagens Pedagógicas Utilizadas

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Como parte dos cursos realizados aconteceu durante minicursos de eventos e, nesse contexto, há um tempo restrito de apresentação, é comum que o slide seja o tipo de material mais utilizado, já que este possui uma versatilidade e costuma ser bem-aceito pelos alunos. Além disso, o slide permite que o professor ilustre conceitos importantes de

forma prática, agradável e normalmente reduzida, já que slides sobrecarregados de textos tendem a deixar a aula enfadonha.

Outro material bastante utilizado (50% dos entrevistados) foi o tutorial. Os tutoriais continham o passo a passo para a realização dos experimentos práticos no *testbed*, servindo para auxiliar o aluno durante as tarefas práticas quando o professor não estava presente. Eles possibilitam que outras pessoas, além daquelas vinculadas ao curso, possam reproduzir os mesmos experimentos de forma simplificada.

O uso dos tutoriais facilita a resolução de problemas por outros professores que ainda não dominam totalmente o uso da tecnologia *testbed*, além de aumentar a chance de sua adoção por estes no ensino, já que guiados no uso do ambiente conseguem finalizar todo o experimento. Apesar disso, um dos professores entrevistados destaca que, como esses tutoriais possuem um passo a passo para a solução da tarefa, o aluno pode simplesmente copiar e colar os passos sem desenvolver o senso crítico da atividade. Nesse contexto, ele sugere o uso de práticas intermediárias para justificar o conhecimento adquirido.

Por fim, o outro material utilizado foi o vídeo que, como já mencionado no texto, auxilia significativamente o processo de aprendizagem, principalmente daqueles discentes que aprendem melhor com os estímulos visuais multimídia. Através do vídeo, o professor consegue enriquecer o conteúdo trabalhado, melhorando a experiência de ensino por meio de um aprendizado dinâmico e que muitas vezes utiliza uma linguagem de fácil entendimento.

Ao analisar as contribuições trazidas pela categoria design de interface, foi possível identificar que o uso de materiais didáticos diversificados contribui para dinamizar a aula, tirando do docente a figura de detentor absoluto do conhecimento e direcionando o aluno a uma aprendizagem dinâmica e flexível, na qual ele mesmo se encontra no centro do processo. Além disso, tal diversidade contribui para a assimilação do conteúdo, desenvolvimento da criatividade e o senso crítico do estudante. Assim, é importante traçar metas de produção para o material didático, buscando ao máximo diversificá-lo.

5.8 DIMENSÃO TECNOLÓGICA

Esta seção apresenta a avaliação e a discussão dos indicadores classificados dentro da dimensão Tecnológica do RUBIK, além das compreensões obtidas pelo questionário nessa mesma dimensão. Os indicadores que serão discutidos aqui são: uso das tecnologias de informação e comunicação (TIC), inovação tecnológica e capacitação para uso das tecnologias no ensino.

5.8.1 Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC)

O indicador utilização das tecnologias de informação e comunicação se refere, no contexto deste trabalho, à utilização de TIC para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem. A tabela 5.21 apresenta a análise dos critérios avaliados neste indicador. A partir dos eixos canônicos propostos na metodologia de Silva e Silva (2008), temos:

- **Quem avaliou?** Avaliadores externos.
- **Quando foi avaliado?** Após a finalização do curso.

- **O que foi avaliado?** Importância das TIC no apoio ao ensino, benefícios e relevância dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) e reconhecimento do AVA como memória viva do curso.
- **Como foi avaliado?** Análise e observação do ambiente virtual, entrevista com os professores.

Tabela 5.21: Análise do Indicador Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação

Critérios avaliados	Análise realizada
Importância das TIC no apoio ao ensino	O uso do AVA deveria facilitar a comunicação e diminuir as distâncias físicas entre os alunos e professores, porém a ferramenta não foi adequadamente utilizada para este propósito. Os discentes que usaram o ambiente virtual para sanar dúvidas tiveram uma razoável mediação, sendo incentivados a buscar respostas de forma autônoma, a partir da leitura de diversos materiais, mas sem estímulo à colaboração.
Benefícios e relevância do AVA	O uso do AVA garantiu uma flexibilização dos horários para realizar as atividades propostas. Muitos alunos levaram as atividades práticas para finalizar em casa e alguns utilizaram o Moodle a fim de pedir a ajuda dos colegas e instrutores para solucionar as tarefas.
Ava como memória viva do curso	O acesso ao AVA, mesmo após a finalização do curso, criou uma sensação de que as aulas ainda estavam acontecendo, pois nele é possível visualizar todas as modificações e interações realizadas no ambiente durante o período que o curso ocorreu. Pessoas que não participaram das aulas podem acessar o material e com isso poupar tempo na resolução de problemas práticos.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

As dificuldades observadas nesse indicador estão relacionadas com a falta de perspicácia dos professores em utilizar o ambiente virtual de forma a potencializar a aprendizagem dos estudantes. Além disso, é importante destacar também a falta de uma mediação mais ativa por parte dos docentes em criar oportunidades para que os demais alunos contribuíssem significativamente com os tópicos de discussão.

5.8.2 Inovação tecnológica

O indicador inovação tecnológica se refere, no contexto deste trabalho, ao impacto do ambiente de *testbed* FIBRE no aprendizado do aluno. A partir dos eixos canônicos propostos na metodologia de Silva e Silva (2008), temos:

- **Quem avaliou?** Avaliadores externos e alunos participantes do curso.
- **Quando foi avaliado?** Após a finalização do curso.
- **O que foi avaliado?** A tecnologia *testbed* está provocando uma revolução da aprendizagem, o ambiente de *testbed* motiva o aluno, o ambiente de *testbed* proporciona colaboração entre aluno-professor-aluno.
- **Como foi avaliado?** Análise dos questionários aplicados aos alunos, entrevista com os professores.

Como já mencionado, o FIBRE funciona como uma espécie de laboratório virtual que permite aos estudantes e pesquisadores testar e validar novas arquiteturas e protocolos de rede, representando uma alternativa promissora para uso no ensino. É importante destacar também que, apesar da ferramenta SDN-IPS se caracterizar como uma inovação tecnológica, esta não será avaliada no escopo deste trabalho. A tabela 5.22 apresenta a análise dos critérios avaliados neste indicador.

Tabela 5.22: Análise do Indicador Inovação Tecnológica

Critérios avaliados	Análise realizada
A tecnologia <i>testbed</i> está provocando uma revolução da aprendizagem	Houve uma mudança na forma de ensinar e de aprender. Os alunos deixaram de ser passivos para se tornarem ativos e os professores buscaram métodos de ensino que colocassem o discente no centro do processo, aprendendo através de experimentos práticos.
O ambiente de <i>testbed</i> motiva o aluno	Os alunos se mostraram entusiasmados em aprender utilizando o FIBRE. Não houve desistências do curso.
O ambiente de <i>testbed</i> proporciona colaboração entre aluno-professor-aluno	A colaboração é fator inerente ao uso dos testbeds, porém, mesmo pouco explorada, foi percebida em algumas situações: um aluno produziu vídeos explicativos para ajudar os colegas e discussões em sala de aula dos problemas práticos. Caso essa colaboração tivesse sido incentivada nos ambientes de ensino remoto, os resultados de aprendizagem poderiam ter sido potencializados.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Nesse indicador, não houve dificuldades diretas, porém percebeu-se que o FIBRE poderia ter sido utilizado de forma mais assertiva, ou seja, devido ao seu caráter inovador, poderiam ter sido criadas estratégias de ensino que fortalecessem a interação e a colaboração entre os participantes, potencializando assim os resultados de aprendizagem ou mesmo a satisfação com o curso. Nesse sentido, destacamos a baixa colaboração dos alunos e professores como dificuldade encontrada.

5.8.3 Manipulação das tecnologias no ensino

O indicador capacitação para uso das tecnologias no ensino se refere, no contexto deste trabalho, à noção de que contemplar a tecnologia nos espaços escolares é necessário para se adequar à nova era, melhorando o processo de ensino e aprendizagem. A tabela 5.23 apresenta a análise dos critérios avaliados neste indicador. A partir dos eixos canônicos propostos na metodologia de Silva e Silva (2008), temos:

- **Quem avaliou?** Avaliadores externos.
- **Quando foi avaliado?** Após a finalização do curso.
- **O que foi avaliado?** Configuração do ambiente, recursos (hardware, software e conectividade) necessários e adequação e funcionamento do laboratório físico.
- **Como foi avaliado?** Análise dos questionários aplicados aos alunos, entrevista com os professores.

Tabela 5.23: Análise do Indicador Manipulação das Tecnologias no Ensino

Critérios avaliados	Análise realizada
Configuração do ambiente	Alguns alunos apresentaram dificuldades para configurar o ambiente mesmo sendo disponibilizado o tutorial de configuração produzido pela RNP.
Recursos (hardware, software, conectividade) necessários	Hardwares e softwares adequados para realização dos experimentos. Instabilidade na conexão (rede congestionada, indisponibilidade de servidor, etc.) durante alguns momentos. Pontos fortes: Baixo custo para implantação, pois não precisa de hardwares específicos; possibilidade de utilizar o ambiente de experimentação e a ferramenta remotamente para realizar as atividades práticas. Os softwares necessários são gratuitos. Funciona em qualquer Sistema Operacional. Pontos fracos: Diversas vezes, durante as aulas, ocorreu falha de conectividade nas ilhas FIBRE, o que impactou o suporte à autonomia dos alunos para realização dos experimentos fora da sala de aula.
Adequação e funcionamento do laboratório físico	O laboratório funcionou de forma estável, não apresentando nenhum tipo de problema técnico nas máquinas que estavam em uso.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Nesse indicador, a diversidade de conhecimento dos alunos se mostrou desafiadora para os professores, pois esses tiveram que equilibrar as aulas atendendo a todos por igual. Além disso, os problemas nas ilhas FIBRE acabaram ocasionando lentidão nos recursos, fazendo com que as aulas precisassem encerrar mais cedo. Apesar das intercorrências, podemos dizer que o FIBRE como inovação tecnológica proporcionou resultados de aprendizagem satisfatórios, possuindo um baixo custo de implantação quando comparado a um laboratório de redes físico.

5.8.4 Análise das compreensões da categoria tecnológica pelos professores pesquisadores

A categoria tecnológica buscou identificar se, além do *testbed*, alguma outra tecnologia foi utilizada para impulsionar o processo de ensino e aprendizagem, verificando se, neste caso, ela funcionou como esperado durante a realização do curso. Além disso, buscou-se coletar dados sobre o impacto dos *testbeds* para o ensino de redes e identificar as maiores dificuldades para a adoção dessa tecnologia no ensino. É importante destacar que para as questões de múltipla escolha os participantes poderiam escolher mais de uma alternativa por questão, por isso, os valores somados ultrapassam o número de entrevistados.

Iniciamos questionando aos professores se eles utilizaram algum tipo de sistema de gerenciamento de aprendizagem como apoio às suas aulas. Como parte dos cursos aconteceram em minicursos de eventos, apenas 2 entrevistados relataram ter feito uso desses sistemas, os demais utilizaram exclusivamente o *testbed* como ferramenta tecnológica de suas experiências.

Para os docentes que relataram ter utilizado algum tipo de sistema de gerenciamento, perguntamos qual o objetivo de empregar, além do *testbeds*, essa outra tecnologia. Todas as respostas direcionaram ao objetivo de melhorar de alguma forma a aprendizagem dos alunos, fosse por meio da colaboração, da disponibilização de material didático ou mesmo do esclarecimento de dúvidas que pudessem surgir após a aula teórica ou durante uma atividade prática. O gráfico da figura 5.16 apresenta todas as respostas.

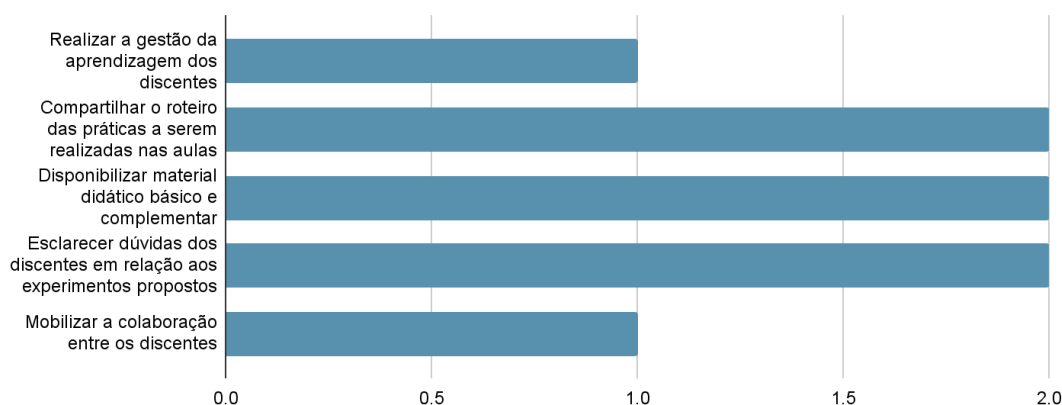


Figura 5.16 Objetivos do Uso de Sistemas de Gerenciamento da Aprendizagem
Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Ao analisar as contribuições trazidas pela questão, notou-se que o uso do AVA em cursos que utilizam uma nova tecnologia, como é o caso do *testbed*, tende a beneficiar o processo de ensino e aprendizagem, uma vez que o professor consegue disponibilizar diversos tipos de materiais complementares ou mesmo realizar a gravação de uma aula esclarecendo dúvidas que sejam comuns há muitos alunos. Além disso, os discentes podem rever o conteúdo quantas vezes desejarem, possibilitando o aprendizado dentro e fora da sala de aula.

Em seguida, questionamos aos entrevistados se em algum momento foi preciso adaptar o plano de aula devido às imprevisibilidades do ambiente, solicitando que cada um relatasse o que aconteceu. Apenas um dos professores mencionou que o curso foi pensado desde o início para funcionar neste tipo de ambiente (SCI da RNP) e que, por conta disso, havia uma equipe trabalhando na manutenção da infraestrutura para que a mesma não viesse a falhar.

Todos os demais entrevistados relataram ter passado por algum tipo de dificuldade durante o uso do ambiente, porém um deles não contou o que aconteceu, nem quais atitudes foram utilizadas para solucionar os problemas. Um respondente informou ter utilizado as falhas ocorridas para discutir técnicas de “*troubleshooting*” entre os alunos, o que contribuiu para desenvolver a criatividade necessária para a etapa de resolução de problemas.

Uma outra solução mencionada foi a necessidade de dilatar o calendário do curso, já que as instabilidades do ambiente comprometeram o cronograma de atividades. As respostas completas à questão podem ser vistas no apêndice C. A seguir, perguntamos aos professores quais aspectos dos *testbeds* eles consideravam mais relevantes para o ensino. Como esperado, o principal aspecto foi justamente o fato do *testbed* reproduzir uma rede real. Como parte dos estudantes desta área tem dificuldades em contextualizar os conceitos de redes de computadores, o uso desses ambientes permite desenvolver a capacidade de abstração dos problemas. Ademais, outros aspectos mencionados são apresentados no gráfico da figura 5.17.

Por fim, questionamos aos professores qual a maior dificuldade, na opinião deles, em elaborar e avaliar cursos que utilizam *testbeds* como ambiente de ensino e aprendizagem em redes de computadores. 50% deles acreditam que o conhecimento do *testbed*, incluindo a sua configuração e manipulação, é a principal dificuldade para a adoção desses ambientes em sala de aula. Somado-se a isso, a ausência de metodologias próprias, a carência de relatos de casos de sucesso e a instabilidade do ambiente também dificultam essa implantação.

Ademais, a própria falta de divulgação do *testbed* para as instituições que não integram o projeto se torna uma dificuldade de uso, já que parte dos professores que atuam nesses locais nunca ouviram falar e/ou não entendem como esses ambientes funcionam. Por fim, no que se refere à avaliação, os entrevistados acreditam que a falta de mecanismos que permitam realizar uma avaliação processual também afeta sua adoção, pois os docentes não conseguem estabelecer critérios avaliativos precisos, já que o ambiente apresenta características diferentes da maioria dos softwares que hoje são utilizados na área.

Ao analisar as contribuições trazidas pela categoria tecnológica, foi possível identificar que a falta de conhecimento sobre os *testbeds* é o fator que mais atrasa sua adoção no

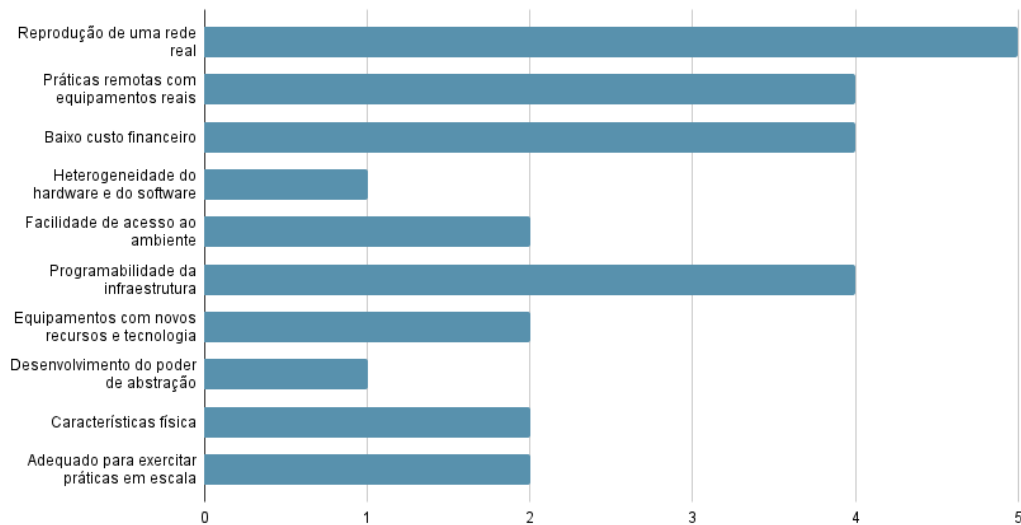


Figura 5.17 Aspectos Relevantes para o Uso de *Testbeds* no Ensino
 Fonte: Elaborada pela autora (2021).

ensino. Mesmo para aqueles professores que conhecem a ferramenta e sabem manuseá-la, as dificuldades em elaborar os roteiros de atividades práticas, escolher a abordagem pedagógica adequada e realizar a avaliação acabam por desestimular seu uso. Além disso, o professor deve sempre estar atento às peculiaridades desses ambientes, possuindo atividades alternativas para os momentos de indisponibilidade da infraestrutura, de forma que não se comprometa o tempo e a qualidade da aula.

5.9 ANÁLISE DAS COMPREENSÕES DA CATEGORIA OUTROS

A categoria outros foi criada para agrupar informações consideradas relevantes, mas que não se encaixavam em nenhuma das outras categorias do trabalho. Em outros, questionamos aos entrevistados se suas experiências com o uso de *testbeds* no ensino geraram algum tipo de material didático e/ou publicação científica, solicitando que, em caso afirmativo, fosse disponibilizado o link para acesso.

Cinco (5) professores relataram ter produzido algum tipo de material e um não respondeu à questão, não sendo possível identificar se não houve produção de material ou apenas a questão que não foi respondida. O acesso aos materiais desenvolvidos possibilitou entender um pouco mais de cada experiência, contribuindo para a produção do guia de recomendações apresentado no capítulo 6.

Ainda nessa categoria, solicitamos aos entrevistados que acrescentassem informações que eles julgassem importantes, mas que não foram contempladas pelo questionário. Apenas um deles relatou que a colaboração entre os parceiros do curso foi fundamental para o sucesso da experiência e que sem o apoio deles a parte prática do curso seria comprometida já que, para um professor sem experiência, reproduzir os laboratórios práticos seria um trabalho complexo.

Por fim, apresentamos na tabela 5.24 a síntese de todos os indicadores de avaliação do RUBIK, relacionando também todos os eixos já apresentados pela metodologia de Silva e Silva (2008): **Quem? Quando? O que? Como?**, que representam quem avaliou, quando foi avaliado, o que foi avaliado e como foi avaliado, respectivamente.

Tabela 5.24: Síntese dos Indicadores de Avaliação do Dispositivo RUBIK

Indicador	Quem?	Quando?	O que?	Como?
Processo de análise, desenvolvimento e organização do conteúdo didático	Avaliadores externos e alunos do curso	Após a finalização do curso	Sequência dos conteúdos, adequação do conteúdo aos objetivos do curso, definição da estrutura e abrangência do conteúdo, dos slides e dos materiais complementares, integração dos conteúdos aos exercícios e atividades.	Análise do material didático disponibilizado no AVA, entrevista com os professores e análise do formulário de avaliação inicial e final do curso.
Ressignificação das práticas pedagógicas	Avaliadores externos	Após a finalização do curso	Inovação metodológica, mudanças pedagógicas, quebra de paradigma, características do ensino tradicional, estímulo ao convívio social como dispositivo de aprendizagem, mudanças nas atitudes e ações do público alvo.	Análise do conteúdo didático, entrevista com os instrutores.
Continua na próxima página				

Tabela 5.24 – Continuação da página anterior

Indicador	Quem?	Quando?	O que?	Como?
Conscientização	Avaliadores externos	Após a finalização do curso	Metodologias motivam e apoiam a postura autônoma dos alunos, existência de proposições inovadoras de ensino e aprendizagem, o professor assume o papel de mediador, o aluno assume o papel ativo, ocorre a aprendizagem centrada no aluno.	Análise do modelo das atividades propostas e entrevista com os instrutores.
Engajamento ativo	Avaliadores externos e alunos participantes.	Após a finalização do curso	Novas possibilidades de aprendizagem, objetivos do curso estão sendo atingidos, mediação do processo educativo, ocorrência da construção colaborativa de novos conhecimentos.	Análise e observação do ambiente virtual e do formulário de avaliação final do curso, entrevista com instrutores.
Análise das Interações no AVA	Avaliadores externos	Após a finalização do curso	Avaliação das mensagens trocadas pelos alunos e professores nos fóruns de discussão.	Análise do conteúdo das mensagens trocadas no fórum de discussão.
Processos avaliativos	Avaliadores externos	Após a finalização do curso	Tipo de avaliação, critérios adotados nos instrumentos de avaliação, momento da avaliação.	Análise dos questionários aplicados aos alunos.
Continua na próxima página				

Tabela 5.24 – Continuação da página anterior

Indicador	Quem?	Quando?	O que?	Como?
Grau satisfatório dos participantes	Avaliadores externos, alunos participantes e professores do curso.	Após a finalização do curso	Satisfação com a organização e o conhecimento dos professores, satisfação geral com o curso (objetivos, metodologia, atividades, etc.).	Análise dos questionários aplicados aos alunos e entrevista com os professores.
Aprendizagem efetiva	Avaliadores externos	Após a finalização do curso	Conteúdo significativo/ contextualizado, aprendizagem significativa, retenção da aprendizagem, transformar conhecimentos em habilidades práticas.	Análise do material didático, análise dos questionários respondidos pelos alunos e entrevista com os professores.
Adequação dos <i>testbeds</i> para uso no ensino	Avaliadores externos	Após a finalização do curso	Qualidade do ensino, as escolas oferecem estrutura para que a tecnologia seja utilizada, aproveitamento de recursos já existentes nas instituições de ensino.	Análise dos questionários respondidos pelos alunos, entrevista com os professores.
Continua na próxima página				

Tabela 5.24 – Continuação da página anterior

Indicador	Quem?	Quando?	O que?	Como?
Capacitação profissional	Avaliadores externos, alunos.	Após a finalização do curso	O professor usa o ambiente de forma a direcionar o aluno ao conhecimento e objetivos traçados inicialmente, o professor explora a tecnologia de forma a melhorar o processo de ensino e aprendizagem, criatividade do professor para lidar com os imprevistos de configuração do ambiente de <i>testbeds</i> , elaboração de atividades significativas para atingir os objetivos da aula.	Análise dos questionários respondidos pelos alunos, análise das atividades realizadas, análise do plano do curso.
Configuração de experimentos no <i>testbed</i> .	Avaliadores externos	Após a finalização do curso	Acesso ao ambiente, criação de contas de usuário, alocação de recursos, disponibilidade do ambiente.	Análise do material didático, análise das interações no AVA e entrevista com os professores.
Reeducação / modificação das perspectivas	Avaliadores externos e alunos e professores	Após a finalização do curso	Relação professor-aluno, postura ético-profissional dos professores, postura ética dos alunos.	Análise do modelo das atividades propostas, análise do questionário respondido pelos alunos e entrevista com os professores.
Continua na próxima página				

Tabela 5.24 – Continuação da página anterior

Indicador	Quem?	Quando?	O que?	Como?
Difusão de ideias na resolução de problemas	Avaliadores externos	Após a finalização do curso	Troca de experiências, liberdade para expor ideias, respeito ao pensamento de terceiros, participação dinâmica.	Análise das interações no AVA, análise do questionário respondido pelos alunos e entrevista com os professores
Reorganização de atitudes	Avaliadores externos	Após a finalização do curso	Estímulo ao trabalho coletivo, busca por novas formas de ensinar e aprender, incentivo a colaboração.	Análise das interações no AVA, análise do questionário respondido pelos alunos e entrevista com os professores.
Consciência Ética	Avaliadores externos	Após a finalização do curso	Responsabilidade compartilhada, participantes conscientes dos objetivos propostos, autorreflexão.	Análise do questionário respondido pelos alunos e entrevista com os professores.
Suporte ao ambiente	Avaliadores externos, alunos e professores	Após a finalização do curso	Impacto das falhas do ambiente de <i>testbed</i> para o aprendizado, agilidade nas respostas às falhas do ambiente experimental, dificuldades em realizar um experimento no <i>testbed</i> .	Entrevista com os professores e análise das mensagens nos fóruns de discussão.
Continua na próxima página				

Tabela 5.24 – Continuação da página anterior

Indicador	Quem?	Quando?	O que?	Como?
Interface do AVA	Avaliadores externos	Após a finalização do curso	Características do AVA, funcionalidade do AVA, organização do conteúdo disponibilizado no AVA.	Análise do AVA do curso.
Material didático interativo	Avaliadores externos	Após a finalização do curso	Análise dos critérios que influenciam a interação e o acompanhamento do estudante em relação ao material, linguagem dialógica, disposição do conteúdo, layout, adequação do conteúdo ao suporte, material gráfico adotado, diversidade de recursos adotados para apresentação das informações.	Análise do material didático no AVA.
Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação	Avaliadores externos	Após a finalização do curso	Importância das TIC no apoio ao ensino, benefícios e relevância dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) para a aprendizagem, reconhecimento do AVA como memória viva do curso.	Análise e observação do ambiente virtual, entrevista com os professores.
Inovação Tecnológica	Avaliadores externos e alunos participantes do curso.	Após a finalização do curso	A tecnologia (<i>testbeds</i>) está provocando uma revolução da aprendizagem, o ambiente de <i>testbed</i> motiva o aluno, o ambiente de <i>testbed</i> proporciona colaboração entre aluno-professor-aluno.	Análise dos questionários aplicados aos alunos, entrevista com os professores.
Continua na próxima página				

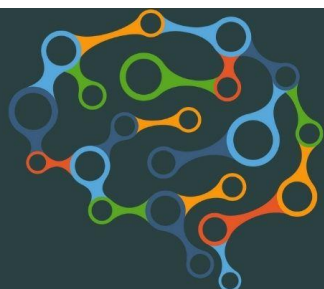
Tabela 5.24 – Continuação da página anterior

Indicador	Quem?	Quando?	O que?	Como?
Manipulação das tecnologias no ensino	Avaliadores externos	Após a finalização do curso	Configuração do ambiente, recursos (hardware, software e conectividade) necessários, adequação e funcionamento do laboratório físico.	Análise dos questionários aplicados aos alunos, entrevista com os professores.

Elaborada pela autora (2021)

GUIA DE RECOMENDAÇÕES PARA USO DE TESTBEDS EM SALA DE AULA

Este Capítulo apresenta um guia de recomendações, gerado a partir dos resultados obtidos com avaliação do curso SDN-IPS por meio do dispositivo RUBIK, dos resultados da análise do questionário aplicado aos professores de redes que possui experiência com *testbeds* para uso no ensino e da análise dos materiais disponibilizados no portal da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP). Espera-se que através deste guia, professores que não possuem experiências com o uso de *testbeds* consigam obter um ponto de partida para empregar tais ambientes em suas aulas de modo a potencializar os resultados de ensino e aprendizagem.



APRESENTAÇÃO

Guia de Recomendações...

Por: Jane Barbosa (janebarbosa5@gmail.com), Maria Carolina de Souza (mcarols@gmail.com) e Leobino Sampaio (leobino@gmail.com)

O que é? Produto educacional resultante da dissertação de mestrado em Ciência da Computação do Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal da Bahia (UFBA).



Para quem? Professores de Computação, que lecionam disciplinas de Redes de Computadores e desejam utilizar ambientes de *testbeds* como infraestrutura tecnológica para realização de práticas.

Para quê? Contribuir para o processo de adoção dos *testbeds* em sala de aula, ampliando assim as oportunidades de aprendizagem dos alunos, a partir da aplicação de conceitos teóricos em situações práticas.

Como o guia está **organizado**?

1

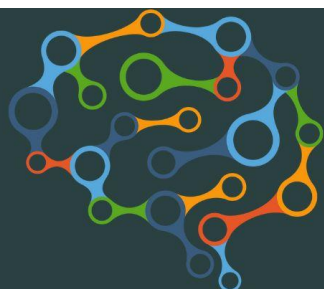
O que é importante saber antes de começar?

2

11 Recomendações

3

Situação de ensino



O QUE É IMPORTANTE SABER

Antes de começar!

O uso de *testbeds* no ensino contribui para capacitar e/ou especializar professores e alunos, visto que promove o desenvolvimento de projetos práticos em diversas áreas.

Por que usar *testbeds* para o ensino de Redes de Computadores?

Quadro 01: Vantagens Técnicas X Vantagens Pedagógicas dos *Testbeds*

Características dos <i>testbeds</i>	Vantagens Técnicas	Vantagens Pedagógicas
Usável por muitos usuários	Graças a alocação de recursos vários experimentos rodam na mesma infraestrutura e ao mesmo tempo, sem que um interfira no outro.	Realização de práticas simultâneas a depender das necessidades de aprendizagem dos alunos.
Programabilidade da infraestrutura do <i>testbed</i>	Possível graças a conceitos como o de Redes Definidas por Software (SDN).	A facilidade de programação contribui para o exercício da autonomia e autoria por parte do aluno.
Variados níveis	Experimentos desde o nível físico até o nível de aplicações.	Flexibilidade para o desenvolvimento de diferentes níveis de complexidade dos experimentos, permitindo que o professor considere os saberes prévios dos alunos.
Conexões remotas	Não é preciso estar presente fisicamente na instituição que hospeda o <i>testbed</i> para conseguir utilizar sua infraestrutura.	Flexibilidade em relação ao tempo e espaço, ao permitir que o acesso ao ambiente ocorra também remotamente e a qualquer hora.
Rede e equipamentos reais	Acesso a equipamentos com novos recursos e tecnologias.	Realização de práticas de situações reais, como as que acontecem nos ambientes de produção.
Topologias Complexas	Nós sem fios distribuídos no <i>backbone</i> da RNP.	Desenvolvimento do poder de modelagem e abstração do aluno.

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Por que adotar as **Metodologias Ativas de Aprendizagem (MAA)** para apoiar o ensino de Redes de Computadores em ambientes de *testbeds*?

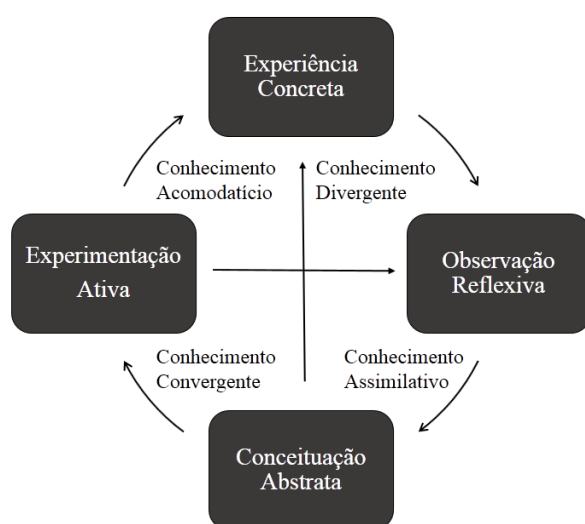
MAA podem oferecer uma **abordagem mais prática às aulas, estimular a colaboração e uma postura mais autônoma, criativa e crítica** por parte dos alunos.

NOTA EXPLICATIVA: Neste Guia elegemos a **Aprendizagem Experiencial** como abordagem fundamental e básica para a proposição das situações de ensino e aprendizagem em ambientes *testbed*, considerando as características experimentais inerentes a esses ambientes e o interesse de propiciar aos alunos oportunidades para aplicar conhecimentos teóricos de Redes de Computadores em situações práticas.

Aprendizagem Experiencial é uma MAA que prioriza a aprendizagem pela experiência.

Os estágios da Aprendizagem Experiencial são (ver Figura 01):

Figura 01: Ciclo de Aprendizagem Experiencial de Kolb



Fonte: Adaptado de Schmitt e Domingues (2016, p.366)

Experiência Concreta (EC): capacidade do aluno, a partir da observação, em se envolver em novas e diferentes experiências.

Observação Reflexiva (OR): acontece quando o aluno consegue refletir sobre a observação, acreditando ser capaz de resolver os problemas utilizando os sentimentos e pensamentos adquiridos na etapa da EC.

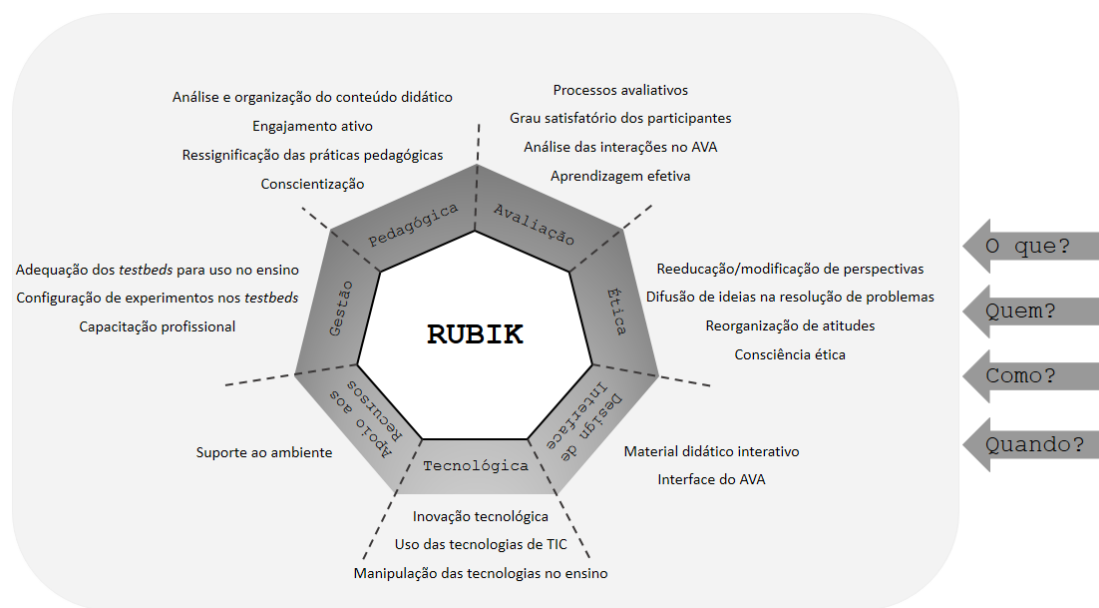
Conceituação Abstrata (CA): fase onde o aprendiz consegue criar conceitos que integram suas observações de forma lógica nas teorias.

Experimentação Ativa (EA): quando o estudante usa as teorias aprendidas para resolução de problemas, retomando em prática tudo que aprendeu nos estágios anteriores.

Como avaliar sua experiência didática?

Para avaliar sua experiência, você pode adotar o **dispositivo de avaliação RUBIK**.

Figura 02: RUBIK: dispositivo de avaliação



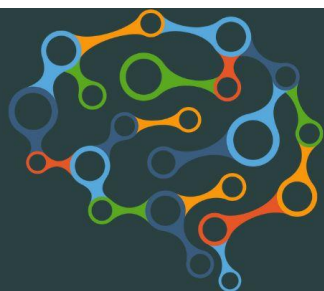
Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Quadro 02 - Dimensões do RUBIK

Dimensão	Questões que considera
Pedagógica	Aspectos relacionados ao processo de ensino e aprendizagem a fim de promover uma mudança significativa na sala de aula. Possui foco na postura docente e discente para promover um ensino centrado no aluno, estratégias de ensino inovadoras, equilíbrio entre teoria e prática, além de um espaço de ensino colaborativo.
Tecnológica	Definição da tecnologia a ser utilizada, identificando como ela contribui para proporcionar um ambiente de ensino adequado à aprendizagem.
Design de Interface	Análise da interface do Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) e a disponibilização do material didático na plataforma virtual para facilitar o acesso às informações, através de uma boa interação e navegabilidade.
Avaliação	Abrange os critérios avaliativos que permitem medir a aprendizagem efetiva dos alunos, garantindo um espaço com <i>feedbacks</i> e melhorias para o curso.
Gestão	Gestão de pessoal capacitado para manusear o ambiente de <i>testbed</i> em cenário educacional de forma a garantir que o mesmo seja utilizado adequadamente para o ensino.
Apoio aos Recursos	Focada em garantir que o <i>testbed</i> e seus recursos funcionem adequadamente durante a configuração de um experimento.
Ética	Focada em garantir um ambiente de ensino descontraído, onde todos possam falar e ser ouvidos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

NOTA EXPLICATIVA: As dimensões avaliativas do RUBIK serão detalhadas durante o guia, pois estão relacionadas às recomendações apresentadas. No Anexo I deste guia é apresentado, em um quadro, cada dimensão com seus indicadores, descritores e resultados.



RECOMENDAÇÕES

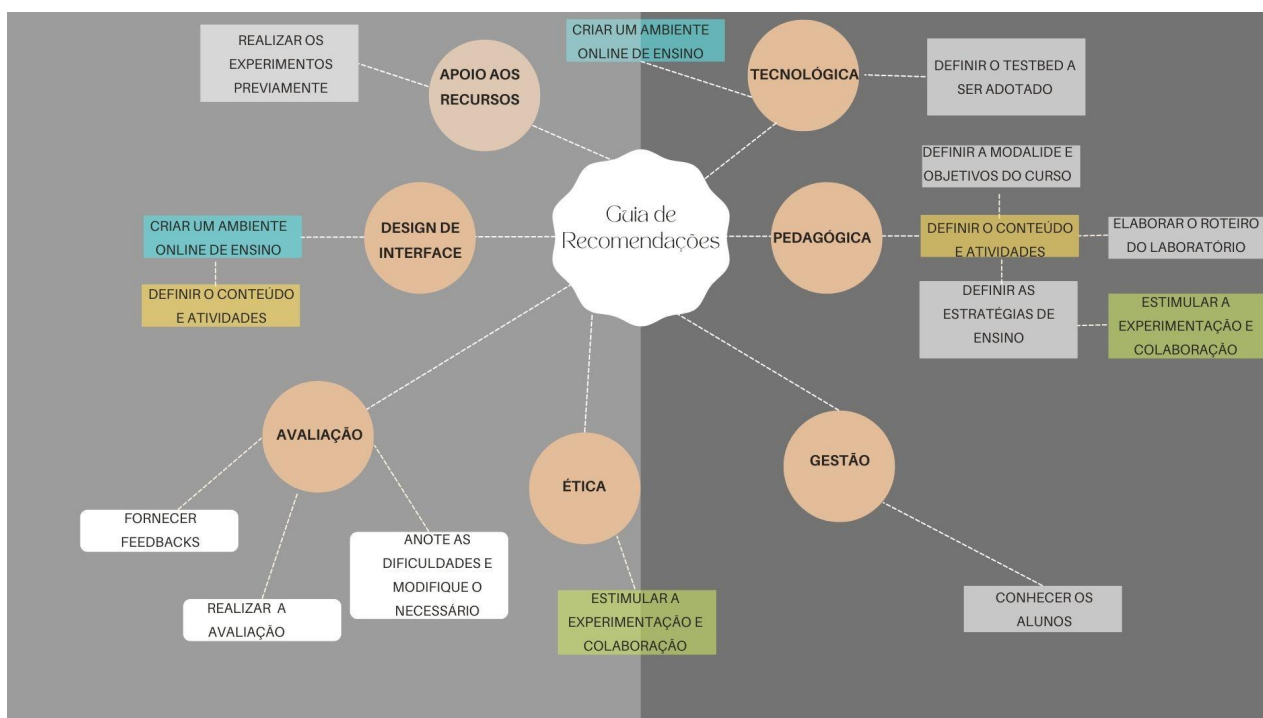
considerando algumas dimensões

NOTA EXPLICATIVA: As recomendações listadas aqui foram identificadas a partir da avaliação, adotando o RUBIK, de um curso piloto em ambientes de *testbed*, da análise dos materiais disponibilizados no portal da RNP resultantes da chamada de incentivo para o uso do FIBRE por professores, e das entrevistas realizadas com professores de redes de computadores brasileiros que tiveram experiências no uso de *testbed* para ensino de redes.

A seguir, indicaremos 11 recomendações, mas antes disso chamamos a atenção para algumas observações importantes:

- ✓ O professor pode seguir todas ou selecionar apenas aquelas recomendações que identifica serem necessárias para a sua prática, considerando o perfil dos seus alunos, o contexto do seu curso, suas experiências anteriores, etc.;
- ✓ Não existe uma ordem rígida para a realização dessas recomendações, mas considerando a prática em docência, as questões pedagógicas e de gestão geralmente são as primeiras a serem pensadas e planejadas;
- ✓ As recomendações estão relacionadas às dimensões apresentadas anteriormente;
- ✓ Algumas recomendações envolvem mais de uma dimensão, por isso aparecem mais de uma vez na (Figura 03).

Figura 03: As 11 recomendações propostas e suas dimensões.



Fonte: Elaborada pelos autores (2022).



Recomendação 1 - Definir a modalidade e o objetivo do curso

Qual a modalidade de oferta do curso?

- Leve em consideração a disponibilidade de recursos presenciais e/ou tecnológicos para a realização de encontros presenciais ou online;
- Faça uma pesquisa anterior para obter informações sobre: faixa etária do público-alvo; localidade geográfica e disponibilidade de horário dos interessados no curso.

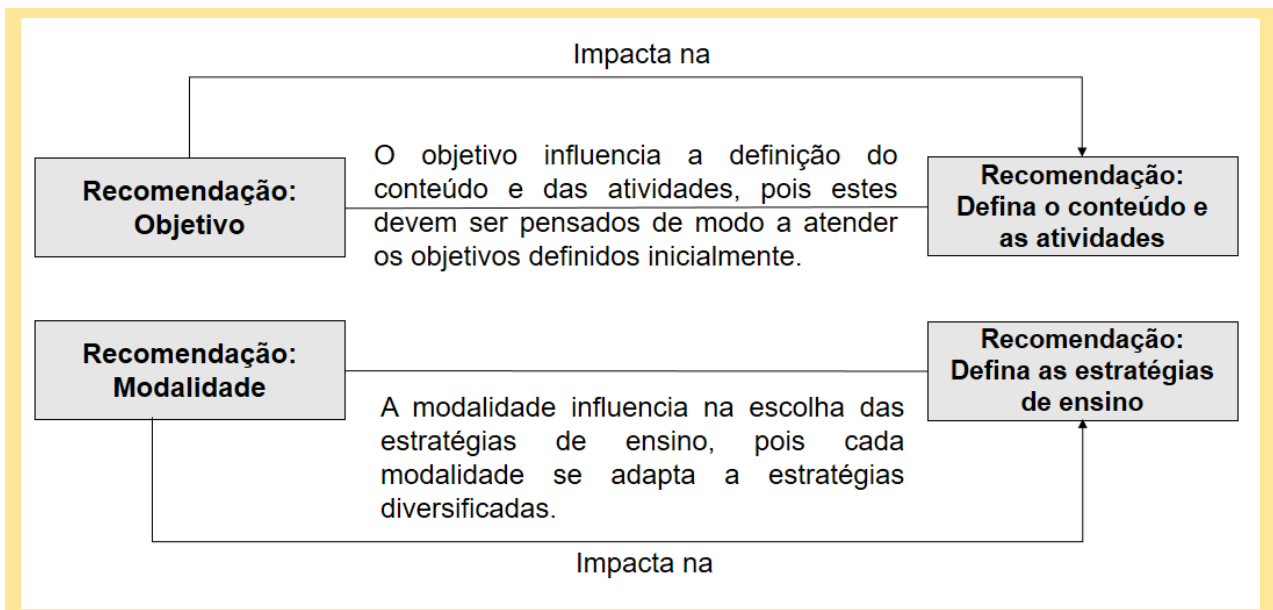
As modalidades de oferta podem ser: presencial ou remoto, educação a distância e ensino híbrido.

Quais os objetivos do curso?

- Liste os objetivos a serem alcançados, considerando as habilidades e competências a serem desenvolvidas, durante o curso.
- Para a definição dos objetivos, considere os conteúdos a serem abordados e experimentos que serão realizados.

Observe a Figura 04 para entender como esta recomendação se relaciona com as demais:

Figura 04: Relação existente na recomendação que defina modalidade e objetivo



Fonte: Elaborada pela autora (2022)

NOTA EXPLICATIVA: Ao considerar a dimensão AVALIAÇÃO do RUBIK, é interessante que você verifique se os objetivos do curso foram atendidos e para isso é necessário considerar a curva de aprendizagem dos alunos além de identificar quais habilidades e competências foram desenvolvidas. O indicador envolvido aqui é denominado “**aprendizagem efetiva**”.



Recomendação 2 - Definir o conteúdo

Conteúdo relevante para aprendizagem e bem organizado, é um dos pontos chave de qualquer curso, por isso é importante que seja elaborado e/ou selecionado de maneira cuidadosa, considerando os objetivos do curso.

Como selecionar o conteúdo?

Podem ser produzidos por você ou aproveitados de outros profissionais que realizaram experiências de ensino similares a sua. É importante que você:

- Leve em consideração o contexto do aluno, suas perspectivas de futuro e a relevância do conteúdo para o exercício profissional.
- Apresente o conteúdo em sequência lógica e linguagem adequada ao perfil do seu público.
- Ao reutilizar conteúdo de outros professores, agrupe, organize, selecione e compartilhe o que for mais relevante sobre o tema.
- Explore o conteúdo básico (criado ou aproveitado) na carga horária prevista para o curso.
- Invista em conteúdo complementar (criado ou de terceiros) para permitir ao aluno aprofundar os estudos.

A comunidade GENI na educação produziu ao longo dos anos um conjunto de material didático para ser utilizado em sala de aula.

Figura 05: Estrutura do conteúdo didático

Como devo estruturar o conteúdo didático?

É interessante organizar em **módulos** com grau de **dificuldade gradativo** e **disponibilizado previamente** para o aluno. Para disponibilizar o seu conteúdo, você poderá utilizar um **Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA)**.

Observe a Figura 05 com o conteúdo de um curso estruturado em módulos.

Módulo 01 - VISÃO GERAL SOBRE SDN/OPENFLOW E O TESTBED FIBRE

Conteúdo programado para esse módulo:

- Redes Definidas por Software
- Redes de testbed e o FIBRE
- Exercícios de fixação
- Laboratório prático

[Slides módulo 01 - SDN/OpenFlow + FIBRE](#)

Módulo 02 - ROTEAMENTO INTER-AS VIA BGP EM SDN/OPENFLOW

Conteúdo programado para esse módulo:

- Roteamento Inter-AS
- Integração entre BGP e SDN/Openflow
- Exercícios de fixação
- Laboratório prático

[Slides módulo 02 - Roteamento Inter AS via BGP + SDN/OpenFlow](#)

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

NOTA EXPLICATIVA: Ao considerar a dimensão PEDAGÓGICA do RUBIK, é importante verificar se o conteúdo didático atende aos objetivos definidos para o curso, para isso é necessário analisar a sequência e abrangência dos conteúdos, verificando como eles são selecionados, elaborados e organizados. O indicador envolvido aqui é denominado “**processo de análise, desenvolvimento e organização do conteúdo didático**”.



Recomendação 3 - Definir as atividades práticas

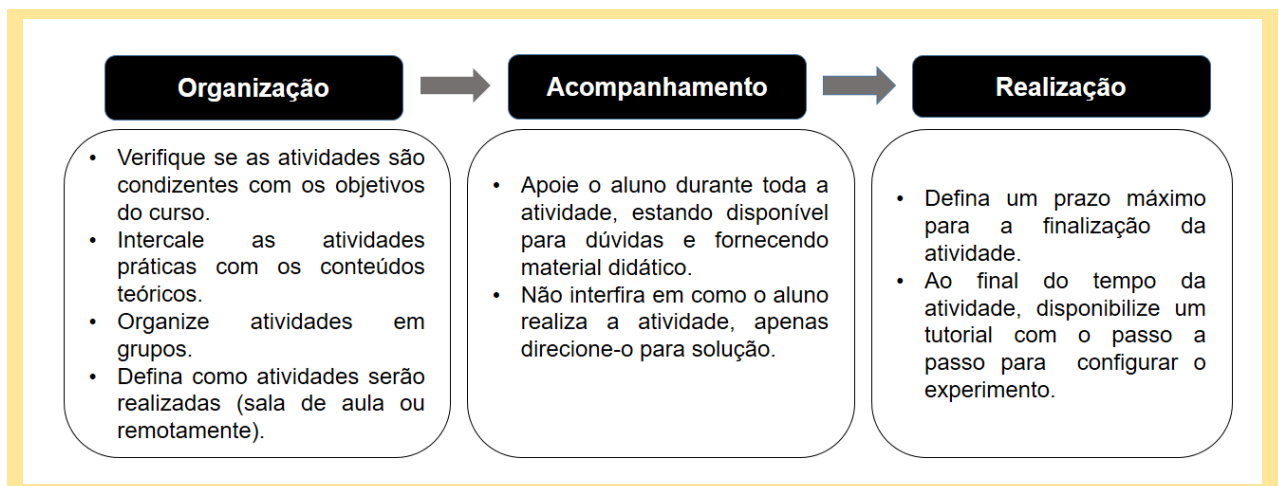
Como escolher as atividades práticas?

- Priorize as atividades que podem ser contextualizadas na realidade do aluno.
- Escolha as atividades de acordo com o potencial de aprendizagem dos alunos.
- Defina se as atividades serão construídas por você ou aproveitadas dos repositórios que incentivam o uso dos *testbeds* no ensino.
- Liste todas as atividades e verifique se há tempo disponível para realizá-las.
- Associe as atividades aos conteúdos teóricos que poderão apoiar a aprendizagem.

As comunidades [GENI na educação](#) e [FIBRE no ensino](#) disponibilizam alguns exercícios práticos para serem utilizados em sala de aula.

Observe a Figura 06 com algumas dicas para organizar e acompanhar as atividades práticas.

Figura 06: Dicas para organizar e acompanhar as atividades práticas



Fonte: Elaborada pela autora (2022)

NOTA EXPLICATIVA: Ao considerar a dimensão PEDAGÓGICA do RUBIK, é importante verificar se as atividades práticas promovem novas possibilidades de aprendizagem, para isso é necessário analisar o conhecimento adquirido através das atividades, além de verificar se as atividades atendem aos objetivos propostos para o curso. O indicador envolvido aqui é denominado “**engajamento ativo**”.



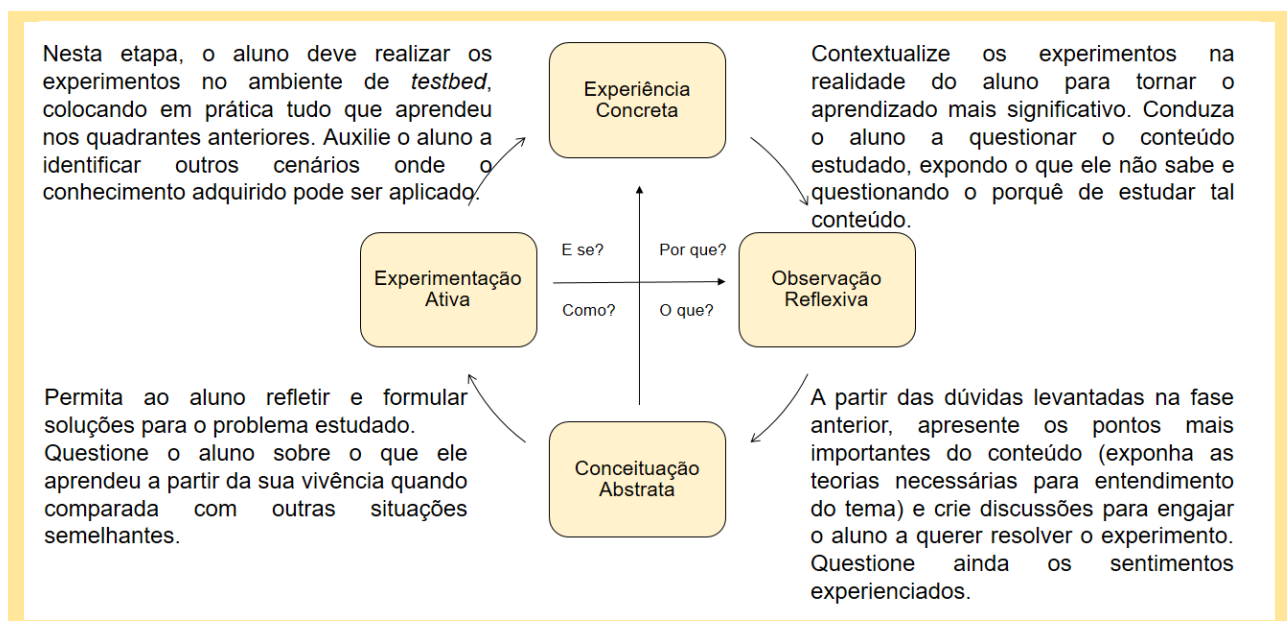
Recomendação 4 - Definir as estratégias de ensino

Como aplicar a aprendizagem experiencial no meu curso?

- Defina o estilo de aprendizagem da turma.
- No início de cada aula, realize revisões do que já foi estudado e crie conexões com o novo assunto.
- Promova reflexões das experiências vivenciadas pelos alunos durante os experimentos.
- Impulsione o protagonismo estudantil.
- Estimule a colaboração e o respeito mútuo entre os alunos.
- Estimule o pensamento crítico do aluno.
- Avalie frequentemente e forneça *feedbacks* aos alunos.
- Crie situações de comparações para que o aluno visualize novos cenários para aplicar o conhecimento adquirido.

Observe a Figura 07 com algumas dicas para aplicar a aprendizagem experiencial.

Figura 07: Aplicando a aprendizagem experiencial



Fonte: Elaborada pela autora (2022)

NOTA EXPLICATIVA: Ao considerar a dimensão PEDAGÓGICA do RUBIK, é importante verificar se a estratégia de ensino adotada contribui para mudar a dinâmica da sala de aula, para isso é necessário analisar o compromisso e a postura do professor e do aluno para a transformação do ensino. Os indicadores envolvidos aqui são denominados “**ressignificação das práticas pedagógicas**” e “**conscientização**”.



Recomendação 5 – Definir o *testbed* a ser adotado

Não é preciso realizar nenhuma configuração específica no *testbed*, porém, é interessante informar a equipe gestora que utilizará o ambiente para práticas de ensino, assim poderá receber ajuda e suporte personalizado para atender as demandas específicas do seu curso.

Testbeds como o **FIBRE**, **GENI** e **FIRE** já são utilizados há algum tempo para práticas de ensino, por isso, há alguns materiais/tutoriais na Internet que podem ajudar a realizar seus experimentos práticos.

Observe a Figura 08 com um *checklist* para te auxiliar na escolha do *testbed* para o seu experimento.

Figura 08: *Checklist* para escolha do *testbed*

CHECKLIST PARA ESCOLHER O TESTBED PARA O SEU EXPERIMENTO

- O *testbed* possui todas as funções necessárias para a realização do seu experimento.
- O *testbed* possui um suporte técnico ativo.
- O *testbed* permite a realização de experimentos simultâneos.
- É fácil encontrar tutoriais de configuração do *testbed* na Internet.
- Todos os recursos que você precisa estão disponíveis de forma gratuita.
- É possível criar contas para gerenciar novos projetos? Este é um processo simples e rápido de fazer.
- Os computadores do laboratório da sua instituição possui os sistemas operacionais suportados pelo ambiente de *testbed*.

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

NOTA EXPLICATIVA: Ao considerar a dimensão TECNOLÓGICA do RUBIK, é interessante que você verifique se o *testbed* escolhido contribui para promover uma revolução na aprendizagem, para isso é necessário avaliar o impacto do *testbed* no aprendizado do aluno, verificando quais as mudanças que ocorreram na forma de ensinar e aprender após a adoção desta tecnologia e o nível de entusiasmo do aluno para aprender através deste ambiente. O indicador envolvido aqui é denominado “**inovação tecnológica**”.



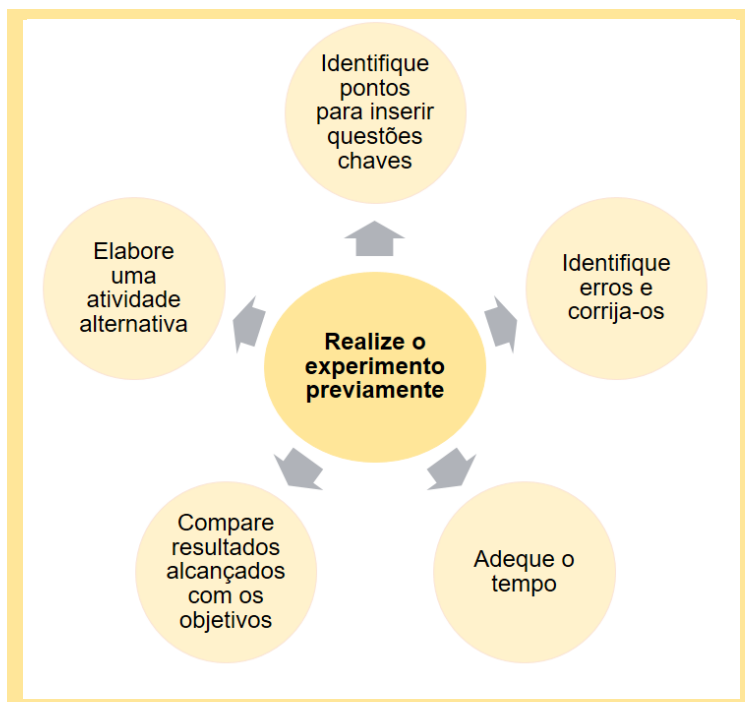
Recomendação 6 – Realizar os experimentos previamente

O que eu preciso fazer antes de iniciar o experimento?

- Crie uma conta no ambiente de *testbed* escolhido.
- Solicite *upgrade* de conta para ter privilégios para criar e gerenciar um novo projeto.
- Crie um novo projeto (com data de início e término) e associe todos os alunos ao projeto criado.
- Realize a reserva dos recursos necessários para realizar o experimento.
- Teste os experimentos antes da aula para identificar possíveis falhas.

Caso não tenha conhecimento de quem são os seus alunos, entre em contato com a equipe que gerencia a infraestrutura do *testbed* e solicite a criação de contas de usuário temporárias.

Figura 09: Passos durante o teste prévio



Fonte: Elaborada pela autora (2022)

O teste prévio possibilita entregar exatamente aquilo que se pretendia desde o começo. Isto só é possível pois durante os testes é possível identificar falhas, modificar fatores e variáveis, além de retirar ou incluir detalhes dos experimentos.

Observe na Figura 09 alguns passos básicos a serem realizados durante o teste prévio de um experimento.

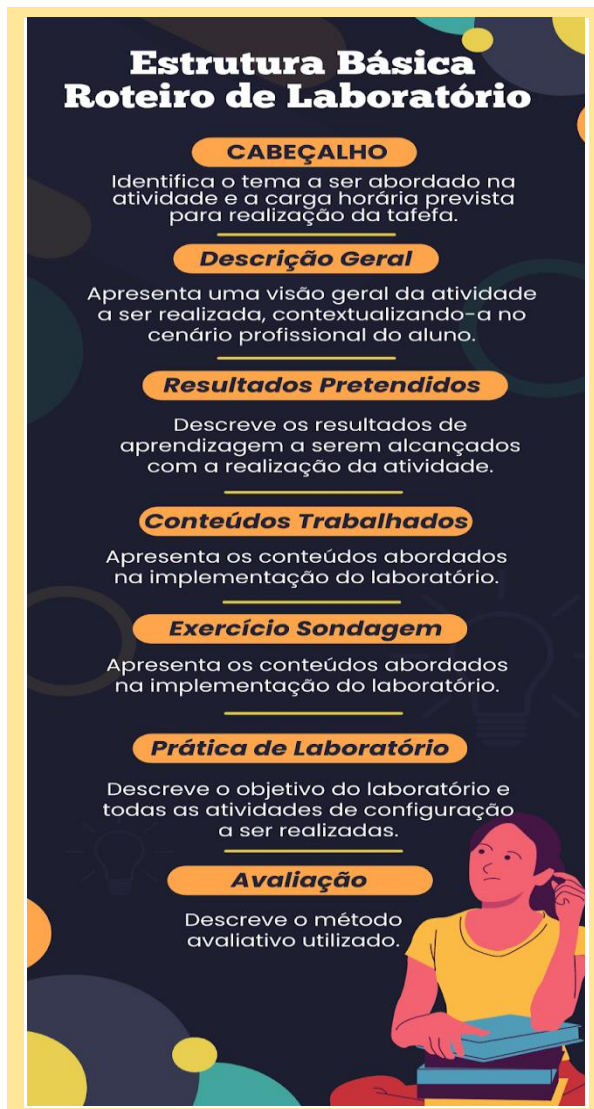
NOTA EXPLICATIVA: Ao considerar a dimensão APOIO AOS RECURSOS do RUBIK, é importante verificar se as falhas do ambiente de *testbed* impactam no aprendizado do aluno, para isso é necessário analisar as dificuldades em realizar um experimento e a agilidade do suporte técnico para corrigir e solucionar as falhas identificadas. Os indicadores envolvidos aqui são denominados “suporte ao ambiente” e “configuração dos experimentos no *testbed*”.



Recomendação 7 – Elaborar o roteiro de laboratório

Observe na Figura 10, a estrutura com os principais itens que devem constar em um roteiro de laboratório.

Figura 10: Estrutura roteiro de laboratório



Fonte: Elaborada pela autora (2022)

O que é o roteiro de laboratório?

É um instrumento elaborado pelo professor para orientar o aluno durante a realização das atividades práticas de forma organizada e sequencial, levando em consideração os objetivos que se pretende atingir com a tarefa.

Por que criar um roteiro de laboratório?

- Favorece o engajamento e a autonomia do aluno nos estudos.
- Ajuda a exercitar as capacidades críticas e reflexivas dos alunos.
- Favorece a apreensão dos conceitos e o aprofundamento dos estudos dentro e fora da sala de aula.
- Contribui para estabelecer relações entre os conteúdos didáticos estudados.

NOTA EXPLICATIVA: Ao considerar a dimensão PEDAGÓGICA do RUBIK, é importante verificar se o roteiro de laboratório contribui para proporcionar uma aprendizagem autônoma e centrada no aluno, para isso é necessário analisar o interesse do aluno em realizar as atividades propostas. O indicador envolvido aqui é denominado “**Conscientização**”.



Recomendação 8 – Conhecer o seu aluno

Qual a vantagem de conhecer o aluno?

Além de identificar o conhecimento prévio, possibilita a personalização do ensino. Como na aprendizagem experiencial o aluno passará por quatro estágios (etapas do ciclo de Kolb), identificar previamente o estilo de aprendizagem com o qual o aluno melhor se identifica, fará com que ele aproveite com maior intensidade as atividades da etapa do ciclo.

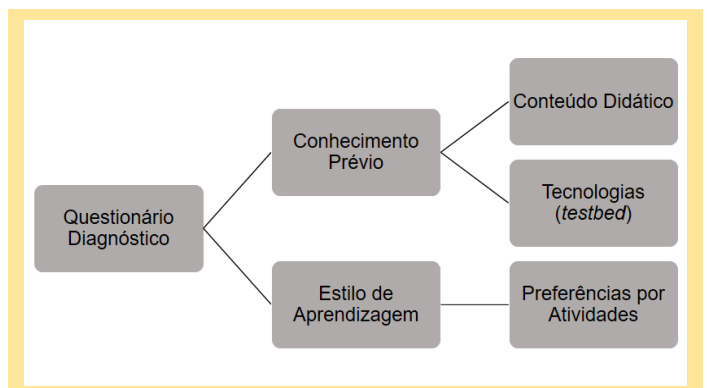
Para conhecer seu aluno, você pode aplicar um **questionário de diagnóstico** da turma no primeiro dia de aula.

Dicas para construir o seu questionário de diagnóstico:

- Aborde temas que serão estudados e questione o nível de familiaridade do aluno com o assunto.
- Aborde a familiaridade do aluno com o ambiente de *testbed*.
- Questione a maneira que mais motiva o aluno a realizar as atividades práticas (grupo, individual).
- Evite perguntas que possam constranger o aluno.

Observe a Figura 11 com alguns itens a serem abordados no questionário de diagnóstico da turma.

Figura 11: Itens a serem abordados no questionário diagnóstico



Fonte: Elaborada pela autora (2022)

NOTA EXPLICATIVA: Ao considerar a dimensão GESTÃO do RUBIK, é importante verificar se o professor realiza atividades significativas para o aluno através do ambiente de *testbed*, para isso é necessário analisar a capacidade do corpo docente em utilizar os *testbeds* de forma a enriquecer o processo de ensino e aprendizagem. O indicador envolvido aqui é denominado “**Capacitação profissional**”.



Recomendação 9 – Realize a avaliação

Através da adoção da aprendizagem vivencial como estratégia de ensino, fica mais fácil realizar a avaliação, pois como se trata da realização de experiências práticas, o envolvimento e a participação do aluno se tornam perceptíveis, já que sem ele nenhum resultado será possível.

Observe a Figura 12 com os princípios para realizar o processo de avaliação do seu curso.

Figura 12: Princípios da avaliação



Fonte: Elaborada pela autora (2022)

NOTA EXPLICATIVA: Ao considerar a dimensão AVALIAÇÃO do RUBIK, é importante verificar se a avaliação realizada possibilita de fato o acompanhamento do progresso do aluno, para isso é necessário analisar a forma como os alunos foram avaliados. O indicador envolvido aqui é denominado “**processos avaliativos**”.



Recomendação 10 – Fornecer *feedbacks*

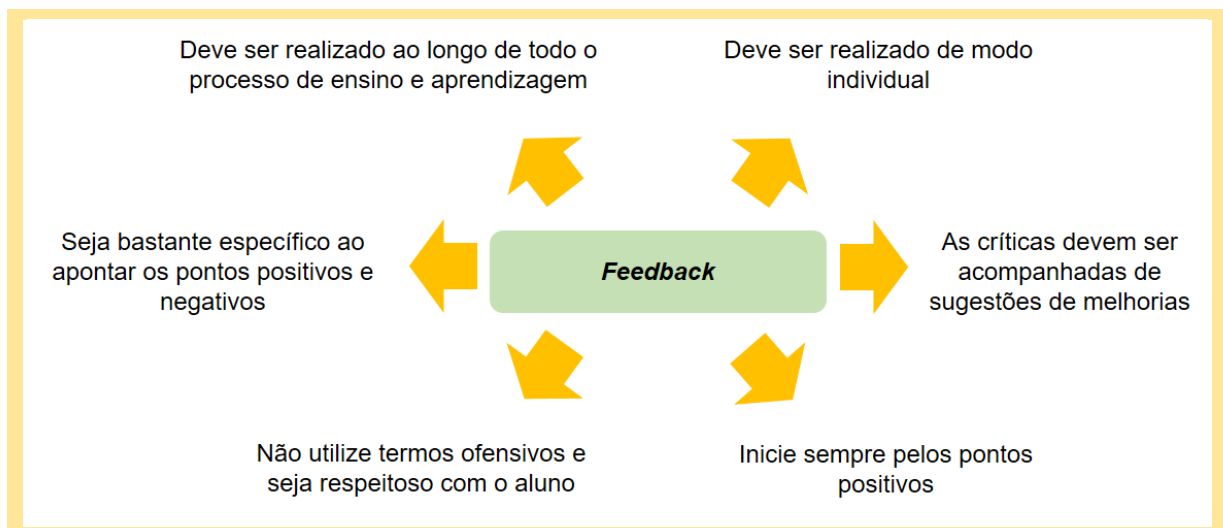
O foco da aprendizagem experiencial é envolver o aluno em um processo que aprimore o aprendizado, isso inclui realizar *feedback* acerca de seus esforços. Graças ao *feedback* é possível valorizar os resultados positivos e reverter os resultados negativos do processo de ensino e aprendizagem.

Importância do *feedback*:

- Melhora os resultados de ensino e aprendizagem, ajudando o aluno a entender suas dificuldades.
- Proporciona a autorreflexão do comportamento.
- Funciona como instrumento reflexivo e construtivo das atitudes do aluno.
- Ajuda a promover mudanças, através de um plano de estudo individual.
- Contribui para o crescimento profissional do aluno.

Observe a Figura 13 com algumas dicas para realizar um *feedback* eficiente.

Figura 13: Considerações acerca do *feedback*



Fonte: Elaborada pela autora (2022)

NOTA EXPLICATIVA: Ao considerar a dimensão ÉTICA do RUBIK, é importante verificar se a sala de aula é um ambiente seguro e propício para a realização de *feedbacks* em prol do desenvolvimento do aluno, para isso é necessário analisar se existe uma relação de confiança e respeito entre aluno e professor. O indicador envolvido aqui é denominado “**reeducação/modificação de perspectivas**”.



Recomendação 11 – Anote as dificuldades e modifique o necessário

Depois de avaliar os resultados e fornecer *feedbacks* aos seus alunos, é hora de pensar em ajustes e melhorias para novos cursos/turmas.

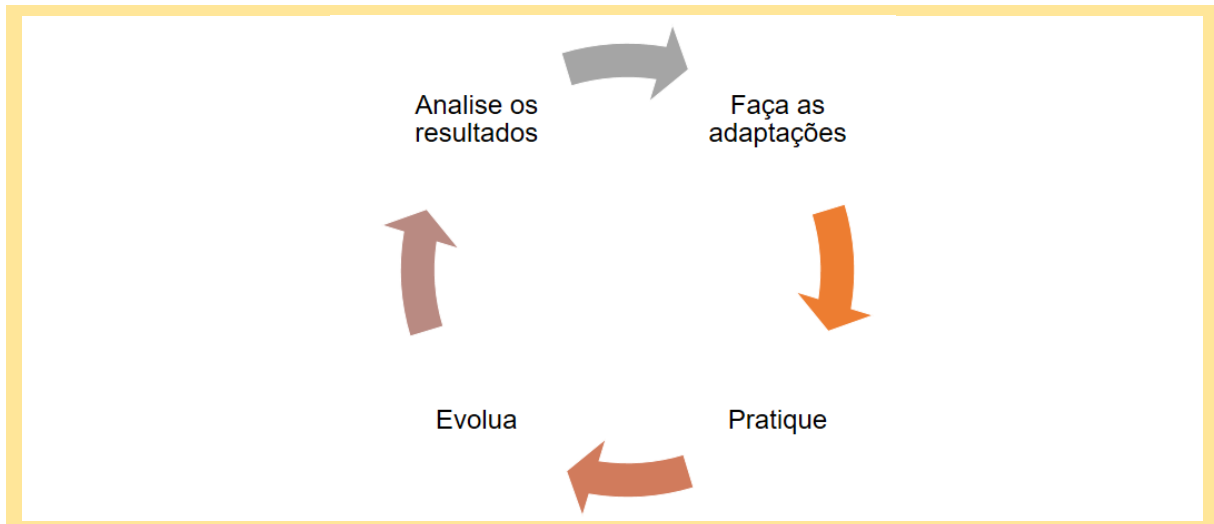
Como posso fazer melhorias no meu curso?

É importante que você **analise os resultados das suas avaliações**, identificando **o que funcionou bem** e **o que precisa ser melhorado** para um próximo curso. Além disso, é recomendado que você **modifique as variáveis** dos seus experimentos, **teste-as** e **evolua** até que o seu aluno se sinta confortável e seguro para aplicar o que aprendeu em sala em outros cenários.

Tenha em mente que os *testbeds* não irão promover uma **mudança significativa** na aula só por serem inseridos nela, é preciso que você também **adeque a sua postura** diante desta nova tecnologia, **buscando adquirir habilidades específicas** para seu uso, promovendo assim a melhoria do processo de ensino e aprendizagem.

Observe a Figura 14 com o ciclo do processo de validação contínua do curso.

Figura 14: Processo de validação contínua



Fonte: Elaborada pela autora (2022)

NOTA EXPLICATIVA: Melhorias e evolução para o curso devem ser pensadas na perspectiva de todas as recomendações, dimensões e indicadores listados neste guia, por isso, não faremos referência a nenhum indicador específico, apenas recomendamos a adoção do dispositivo RUBIK durante todo o processo.



SITUAÇÃO DE ENSINO

considerando algumas recomendações

NOTA EXPLICATIVA: A situação de ensino apresentada neste guia foi originada a partir dos **exercícios práticos** propostos para professores e disponíveis no portal GENI *testbed*.

O que é uma situação de ensino?

Uma situação de ensino pode ser entendida como uma **estratégia** utilizada pelo professor **para que o aluno vivencie experiências que ajudem a desenvolver suas habilidades e competências**. Neste caso, a situação de ensino apresentada neste guia ajuda o professor a implantar as recomendações em suas aulas para obter maior aproveitamento dos *testbeds* em sala de aula.

- ✓ Caso tenha interesse em realizar o experimento proposto para a situação de ensino apresentada, sugerimos que acesse o portal [GENI testbed](#) com as dicas e passos iniciais para realizar a configuração prática do experimento.

Situação de Ensino: Curso de Noções Básicas de Redes de Computadores - Aula 01 roteamento IPv4

Nesta seção, demonstraremos como aplicar as recomendações proposta neste guia a partir da situação de ensino **Roteamento IPv4**. Nesta situação, partimos do pressuposto que você já definiu a modalidade do seu curso, escolheu o *testbed* a ser adotado, realizou o experimento previamente e já conhece o seu aluno (realizou avaliação diagnóstica).

Assim, abordaremos as seguintes recomendações: objetivo do curso, conteúdo didático, atividade prática, estratégias de ensino, roteiro de laboratório, avaliação e *feedback*.

Apresentação da Situação:

Esta situação de ensino é parte de um curso de noções básicas de redes de computadores. Neste primeiro momento o aluno entenderá como funciona o encaminhamento IPv4 e, em seguida, aprenderá a configurar rotas estáticas utilizando o ambiente de experimentação GENI *testbed*.

Rotas estáticas são úteis quando o administrador da rede deseja definir explicitamente o caminho para uma rede específica, assim, funcionam melhor em redes pequenas.

Objetivos para o curso Roteamento IPv4:

- Entender como funciona o roteamento IPv4.
- Entender o caminho de um pacote pela rede até o seu destino.
- Implementar rotas estáticas.

Competência a ser desenvolvida:

- Configurar o roteamento estático utilizando o comando *route*.

Habilidade a ser desenvolvida:

- Gerenciar tabelas de roteamento.

Conteúdo Didático:

Aproveitado: Configuração da conta de usuário e do ambiente GENI *testbed* e material complementar (configuração de roteamento estático nos roteadores RV016, RV042, RV042G e RV082 VPN).

Criado: Endereçamento, roteamento IPv4.

Para visualizar os conteúdos aproveitados de terceiros, acesse os *QR Codes* abaixo.



Configuração
GENI *testbed*



Conteúdo
Complementar

Atividade Prática

Aproveitada do repositório GENI *testbed*. Acesse o QR Code abaixo para visualizar a atividade prática proposta:



O objetivo do experimento é configurar o roteamento entre 3 nós de uma rede, de modo que um pacote enviado do nó A para o nó C possa ser roteado através do nó B.

A atividade pode ser realizada no laboratório da instituição, assim sugere-se disponibilizar duas aulas de 50 min cada para a realização.

Estratégias de Ensino

Aplique o teste de Kolb para identificar o estilo individual de aprendizagem dos seus alunos.

Acesse o QR Code abaixo para obter acesso ao questionário e siga as instruções para realizar o teste.



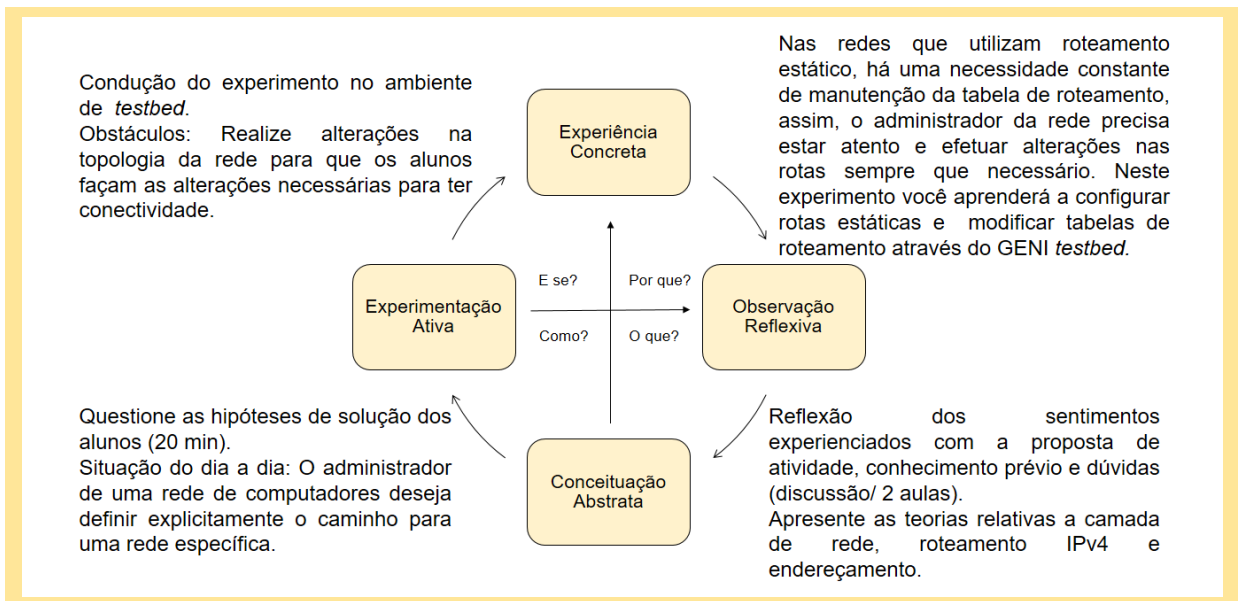
Em seguida, observe no Quadro 03 e na Figura 15 ações de como o professor pode aplicar a aprendizagem experiencial na situação de ensino proposta.

Quadro 03 – Ações do professor para permitir ao aluno passar pelo ciclo de Kolb

Quadrantes	Ações do professor
Experiência Concreta (EA)	O aluno é apresentado ao experimento e ao ambiente de <i>testbed</i> GENI. Como esta é uma experiência nova para o aluno, possivelmente causará dúvidas e questionamentos. Transformar esta experiência concreta em aprendizado é o que acontecerá nos demais ciclos.
Observação Reflexiva (OR)	O aluno é direcionado a refletir sobre o experimento apresentado, identificando o conhecimento prévio que lhe ajudará a resolver a atividade, além de levantar discussões do conteúdo que ainda não conhece, mas que considera relevante aprender para conseguir realizar a atividade. Além disso, o professor deverá apresentar os conteúdos mais importantes e que realmente interessa para aquele assunto, bem como esclarecer as dúvidas dos alunos.
Conceituação Abstrata (CA)	Além do aprendizado pela reflexão, o aluno deve ampliar o conhecimento por meio da conceituação, assim, ele deverá formular hipóteses para conseguir configurar o experimento. Nesta etapa, o professor começa a demonstrar situações do dia a dia onde o conhecimento pode ser utilizado.
Experimentação Ativa (EA)	Nesta etapa do ciclo, o aluno coloca em prática tudo que aprendeu, exercitando o aprendizado de forma ativa no ambiente de <i>testbed</i> GENI. Além disso, o aluno começa a apontar novas alternativas para solucionar os obstáculos que aparecem ao longo da nova situação.

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Figura 15: Aplicando o ciclo de Kolb na situação de ensino roteamento IPv4



Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Roteiro de Laboratório

Observe a Figura 16 com um modelo de roteiro de laboratório para a situação de ensino proposta.

Figura 16: Roteiro de laboratório roteamento IPv4

Curso: Noções Básicas de Redes de Computadores:
Parte 01: Roteiro de Laboratório Roteamento IPv4
Tempo estimado para concluir a situação de ensino: 04 aulas
Tempo estimado para a configuração do experimento: 02 aulas

Roteiro de laboratório

Visão Geral da Atividade
Estimado aluno,

Manter uma rede bem administrada e segura é um desafio para muitas corporações, que para tanto, precisam investir em sistemas de roteamento. O roteamento é a forma mais importante, utilizada na internet, para a entrega de pacotes de dados entre hosts (equipamentos de rede de uma forma geral, incluindo computadores, roteadores etc).

Neste roteiro de laboratório, você aprenderá a modificar tabelas de roteamento para configurar o roteamento estático da topologia de rede apresentada pela figura 01. É importante que antes de iniciar a atividade você tenha realizado a leitura do conteúdo didático sobre camadas de rede, endereçamento e roteamento IPv4.

Figura 01 - Topologia de rede
Fonte: Portal GENI *testbed*

Resultados de Aprendizagem Esperados

- Configurar o roteamento de um pacote na rede, através da modificação de tabelas de roteamento.

Conteúdo Trabalhados

- Camadas de rede
- Endereçamento
- Roteamento IPv4

Exercícios de Sondagem

- Qual a finalidade de um algoritmo de roteamento?
- No roteamento estático quem é o responsável por criar e configurar a tabela de rotas? Como funciona essa configuração?
- Quais as vantagens e desvantagens em configurar o roteamento estático?
- Qual o melhor cenário para aplicar o roteamento estático? Por que?

Prática de Laboratório

O objetivo deste laboratório é configurar rotas estáticas para a topologia de rede apresentada na figura 01. Assim, um pacote enviado do nó A para o nó C (192.168.2.12) deve ser roteado através do nó B.

Nesta prática será necessário realizar a modificação da tabela de roteamento dos nós para conseguir que o pacote passe pelo nó B. Por isso, é importante que você já tenha estudado todo o conteúdo sobre endereçamento e roteamento IPv4 para conseguir realizar as modificações necessárias.

Caso encontre dificuldades para configurar seu experimento, entre em contato com o seu professor ou envie um e-mail para (help@geni.net) para obter suporte.

Método Avaliativo

- Análise da atividade prática: configuração completa do experimento.
- Discussões: conhecimento adquirido, dúvidas, capacidade crítica e reflexiva.
- Formulários de autoavaliação, planilha de acompanhamento: autonomia, engajamento, conhecimento adquirido, motivação, protagonismo.
- Formulário de avaliação final: satisfação geral

Abraços e bons estudos!

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Avaliação

Para uma avaliação eficaz, é importante utilizar diferentes métodos de avaliação e aplicá-los em momentos diversos.

Observe o Quadro 04 com os instrumentos e critérios utilizados para avaliação.

Quadro 04 – Instrumentos de avaliação para o ciclo de Kolb

Quadrantes do Ciclo	Instrumento de Avaliação Empregado	Critérios de Avaliação
Experiência Concreta (EA)	Formulário de avaliação final	Exemplos contextualizados na realidade do aluno, ambiente de <i>testbed</i> no ensino, satisfação, etc.
Observação Reflexiva (OR)	Discussões em sala	Retenção do conhecimento adquirido, capacidade crítica e reflexiva, dúvidas (questionamentos), etc.
Conceituação Abstrata (CA)	Formulários de autoavaliação	Autonomia, engajamento, nível de conhecimento adquirido, motivação, protagonismo, capacidade em generalizar o conhecimento adquirido, etc.
Experimentação Ativa (EA)	Avaliação colaborativa através de planilha de acompanhamento	Configuração completa e correta do experimento

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Avaliação

Observe a Figura 17 com um modelo de planilha de acompanhamento para a avaliação colaborativa da configuração do experimento.

Figura 17: Planilha de acompanhamento atividade prática

Planilha para Acompanhamento de Aluno durante a atividade prática						
Nome do Avaliador	Nome do Aluno Avaliado	Colaboração entre os colegas para configurar o experimento	Teste de conectividade	Alteração da tabela de roteamento	Experimento configurado corretamente	Feedback Geral
Avaliador X	Aluno A	Sem interação com os colegas.	Sem conectividade	Não conseguiu alterar as rotas corretamente	Parcialmente	Se esforçou para configurar o experimento, porém não conseguiu finalizar a atividade de modo satisfatório. Sugestão: participar das discussões com os colegas e realizar leitura do material complementar.
Avaliador Y	Aluno B	Boa interação com os colegas	Com conectividade	Realizado com sucesso	Sim	Conseguiu realizar a atividade de modo satisfatório. Parabéns!

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Avaliação

Agora acesse os *QR Codes* abaixo para obter acesso aos questionários de autoavaliação e avaliação final da situação de ensino.



Formulário de Autoavaliação

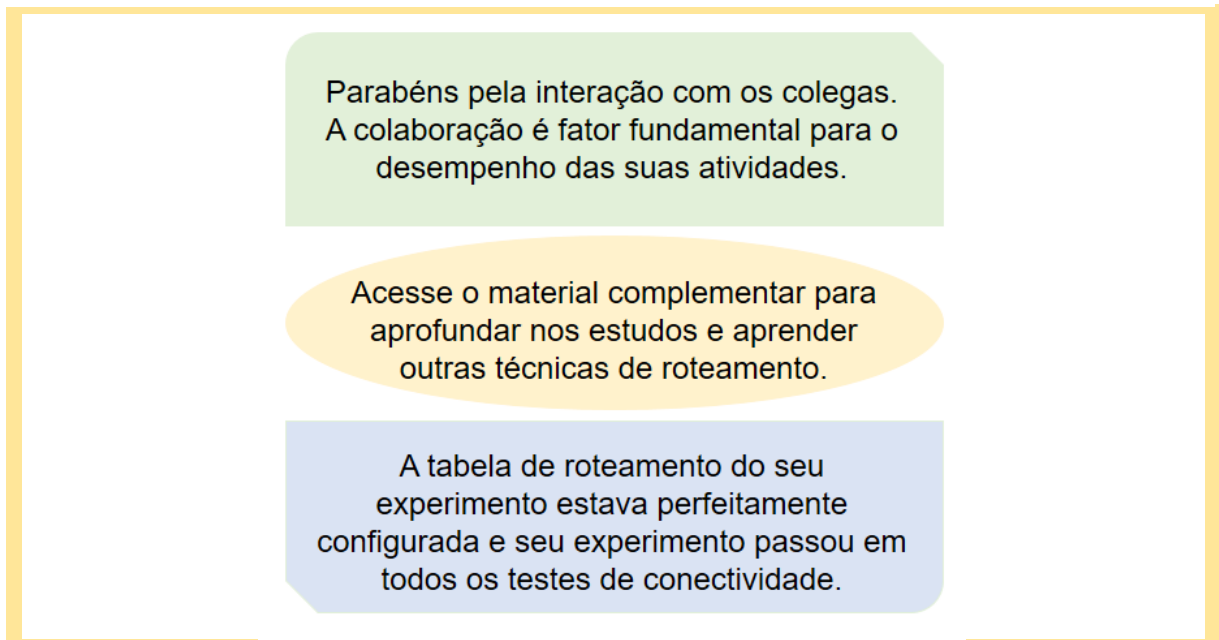


Formulário de Avaliação Final

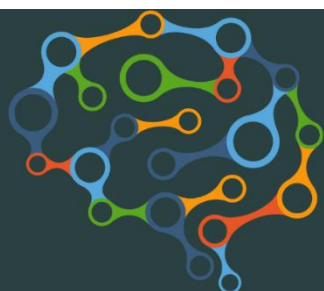
Feedback

O *feedback* pode ser realizado de diversas formas. Para esta situação de ensino foi utilizado o *feedback* sanduíche, obtido a partir dos resultados registrados na planilha de acompanhamento do aluno (Figura 17). Observe a Figura 18 com um modelo de *feedback* para o aluno Y.

Figura 18: Modelo de *feedback* sanduíche



Fonte: Elaborada pela autora (2022)



ANEXO I

dimensões do RUBIK, indicadores, descritores e resultados

O Quadro 05 apresenta todas as dimensões avaliativas do RUBIK, seus indicadores, descritores e os resultados obtidos com a sua aplicação.

Quadro 05 – Dimensões, indicadores, descritores e resultados

Dimensão	Indicador	Descritor	Análise dos Resultados
Pedagógica	Processo de análise, desenvolvimento e organização do conteúdo didático	Sequência dos conteúdos, adequação do conteúdo aos objetivos do curso, definição da estrutura e abrangência do conteúdo, dos slides e dos materiais complementares, integração dos conteúdos aos exercícios didáticos.	Conteúdo didático condizente com os objetivos do curso e com grau de dificuldade gradativo. Conteúdo teórico condizente com os experimentos práticos, o que permite assegurar uma adequada integração entre conteúdo teórico e atividade prática.
	Ressignificação das práticas pedagógicas (Crivelaro, 2014)	Inovação metodológica, mudanças pedagógicas, quebra de paradigma, características do ensino tradicional, estímulo ao convívio social como dispositivo de aprendizagem, mudanças nas atitudes e ações do público alvo.	Mudança de um ensino conservador (aulas unicamente expositivas) para um ensino ativo intercalando uma atividade prática para cada conteúdo teórico. Estratégias de ensino que despertaram a autonomia do aluno para a aprendizagem. Bom convívio social nas aulas presenciais, porém pouco estimulado nos ambientes de ensino virtuais.
	Conscientização (Crivelaro, 2014)	Metodologias motivam e apoiam a postura autônoma dos alunos, existência de proposições inovadoras de ensino e aprendizagem, o professor assume o papel de mediador, o aluno assume o papel ativo, ocorre a aprendizagem centrada no aluno.	As posturas adotadas pelos professores estimularam o ensino centrado no aluno, permitindo que eles tivessem controle dos seus processos de aprendizagem. Os professores assumiram o papel de mediador, buscando facilitar o acesso à informação pelos estudantes, deixando de lado a postura de detentor absoluto do conhecimento.

Pedagógica	Engajamento ativo (Crivellaro, 2014)	Novas possibilidades de aprendizagem, objetivos do curso estão sendo atingidos, mediação do processo educativo, ocorrência da construção colaborativa de novos conhecimentos	Realização de atividades práticas inovadoras. Objetivos do curso alcançados. Razoável mediação dos professores, instruído sempre que possível, a busca de informações em outros espaços de aprendizagem (sites, artigos tutoriais). Não ocorre construção do conhecimento de forma colaborativa, uma vez que, os professores não estimularam a troca de experiências dos alunos nos espaços virtuais de aprendizagem colaborativa (fórum, chats, etc).
Avaliação	Análise das Interações no AVA	Avaliação das mensagens trocadas pelos alunos e professores nos fóruns de discussão.	Baixa troca de experiências pessoais. Os Professores se limitaram a responder os questionamentos dos alunos direcionando-os para leituras de materiais complementares, não estimulando a interação entre os alunos. Baixa participação dos alunos nas discussões do fórum. Interações insuficientes para criar um ambiente de ensino rico em colaboração, pois, a maior parte das mensagens trocadas não agregavam conhecimento relevante aos alunos, uma vez que eram indiferentes as mensagens do tópico de discussão.
	Processos avaliativos	Tipo de avaliação, critérios adotados nos instrumentos de avaliação, momento da avaliação.	Avaliação baseada na aplicação de questionários sem definição de critérios precisos de avaliação. Uma avaliação antes do início do curso (sondagem da aprendizagem) e outra após a finalização do curso (verificar se o curso agregou conhecimento). A avaliação através do RUBIK se mostrou completa contemplando todas as esferas de avaliação (professor, aluno, material, metodologia, tecnologias, etc).

Avaliação	Grau satisfatório dos participantes	Satisfação com a organização e conhecimento dos professores, satisfação geral com o curso (objetivos, metodologia, atividades, etc.)	Professores organizados, seguindo fielmente o cronograma do curso, o que gerou satisfação dos alunos. Participantes (professores e alunos) satisfeitos com os resultados do curso.
	Aprendizagem efetiva	Conteúdo significativo/contextualizado, aprendizagem significativa, retenção da aprendizagem, transformar conhecimentos em habilidades práticas.	Os conteúdos escolhidos apresentavam relevância e possibilidade de aplicação na realidade profissional dos alunos, o que deixava o processo de aprendizagem mais significativo. Os alunos acreditam ser capazes de aplicar o conhecimento adquirido no curso em outras situações e cenários similares.
Gestão	Adequação dos <i>testbeds</i> para uso no ensino	Qualidade do ensino, as escolas oferecem estrutura para que a tecnologia seja utilizada, aproveitamento de recursos já existentes nas instituições de ensino.	Foi possível aproveitar todos os recursos do laboratório de informática da instituição sem necessidade de investir em novos equipamentos. Por serem de baixo custo financeiro (o <i>testbed</i> e a ferramenta SDN-IPS) são adequados para experimentação em sala de aula. O ensino por meio desta infraestrutura se mostrou promissor e capaz de atender a demanda de experimentação para a área de redes, indicando assim contribuir com a melhoria da qualidade do ensino prático.
	Capacitação profissional	O professor usa o ambiente de forma a direcionar o aluno ao conhecimento e objetivos traçados inicialmente, o professor explora a tecnologia de forma a melhorar o processo de ensino e aprendizagem, criatividade do professor para lidar com os imprevistos de configuração do ambiente de <i>testbeds</i> , elaboração de atividades significativas para atingir os objetivos da aula.	Apesar das falhas de configuração do ambiente durante a realização de alguns experimentos, os professores conseguiram desenvolver estratégias de ensino alternativas para não comprometer a aula. Experimentos práticos vinculados à realidade do aluno. O ambiente de experimentação desperta o interesse do aluno em aprender. Alunos conscientes dos objetivos do curso.

	Configuração de experimentos no <i>testbed</i> .	Acesso ao ambiente, criação de contas de usuário, alocação de recursos, disponibilidade do ambiente.	Fácil acesso a criação de contas no ambiente de experimentação, porém, por diversas vezes o ambiente apresentou falhas durante o experimento (qualidade da conexão, indisponibilidade de recursos, etc), necessitando da criatividade dos professores em propor alternativas para aproveitar o tempo da aula.
Ética	Reeducação / modificação das perspectivas (Crivelaro, 2014)	Relação professor-aluno, postura ético-profissional dos professores, postura ética dos alunos.	Boa relação professor aluno. Alunos satisfeitos com a postura ético profissional dos professores em conduzir o curso. Bom comportamento ético dos alunos em se relacionar com os colegas e realizar atividades propostas.
	Difusão de ideias na resolução de problemas	Troca de experiências, liberdade para expor ideias, respeito ao pensamento de terceiros, participação dinâmica.	Os alunos não eram estimulados a compartilhar suas soluções e seus conhecimentos nos fóruns de discussão para ajudar outros colegas nas resoluções das questões. Porém, nos encontros presenciais os alunos eram ouvidos e encorajados a expor suas dúvidas. Houve respeito a opinião dos colegas.
	Reorganização de atitudes (Crivelaro, 2014)	Estímulo ao trabalho coletivo, busca por novas formas de ensinar e aprender, incentivo a colaboração.	Os alunos não foram estimulados a trabalhar coletivamente, entretanto, alguns, por iniciativa própria, ajudaram os colegas na resolução de questões. Faltou empenho dos professores para criar um ambiente de aprendizagem colaborativo e acompanhar o progresso da aprendizagem no AVA.
	Consciência Ética	Responsabilidade compartilhada, participantes conscientes dos objetivos propostos, autorreflexão.	Os alunos assumiram a responsabilidade pelos seus processos de aprendizagens individuais, estando consciente que os objetivos do curso só seriam alcançados se todos estivessem engajados com a proposta. Os professores

			estimularam a autonomia dos alunos, permitindo que eles ao mesmo tempo que aprendessem refletissem sobre suas ações e comportamentos.
Apoio aos Recursos	Suporte ao ambiente experimental,	Impacto das falhas do ambiente de <i>testbed</i> para o aprendizado, agilidade nas respostas às falhas do ambiente experimental, dificuldades em realizar um experimento no <i>testbed</i> .	Os professores acreditam que as falhas do ambiente contribuem para deixar a experiência dos alunos com <i>testbeds</i> bem próxima da realidade dos meios de produção, formando assim, profissionais mais seguros e capacitados. A RNP proporcionou um suporte completo e solícito aos professores para sanar as falhas de acesso e as dificuldades de configuração do ambiente.
Design de Interface	Interface do AVA	Características do AVA, funcionalidade do AVA, organização do conteúdo disponibilizado no AVA.	AVA com informações dispersas e bagunçadas, não havendo nenhum tópico para organização do conteúdo, assim, avisos, materiais didáticos, dúvidas e discussões eram postados no mesmo espaço, dificultando assim a filtragem de conteúdo. O AVA escolhido não apresentou falhas de configuração, ficando disponível aos alunos durante todo o tempo do curso.
	Material didático interativo	Análise dos critérios que influenciam a interação e acompanhamento do estudante em relação ao material, linguagem dialógica, disposição do conteúdo, layout, adequação do conteúdo ao suporte, material gráfico adotado, diversidade de recursos adotados para apresentação das informações.	Adoção de variados tipos de material didático (apostilas, tutoriais ilustrados, vídeos, artigos, etc.). O material didático não possuía linguagem dialógica, entretanto, em alguns momentos seu uso conseguiu suprir a ausência física do professor, sendo suficiente para auxiliar os alunos na resolução de atividades.
Tecnológica	Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC)	Importância das TIC no apoio ao ensino, benefícios e relevância dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) para a aprendizagem,	Uso de TIC gerando novas formas de acesso ao conhecimento, permitindo romper as barreiras de tempo e espaço. AVA pouco utilizado e explorado no

Tecnológica		reconhecimento do AVA como memória viva do curso.	curso, não contribuindo assim para a geração de um ambiente rico em colaboração.
	Inovação Tecnológica (Crivelaro, 2014)	A tecnologia (<i>testbeds</i>) está provocando uma revolução da aprendizagem, o ambiente de <i>testbed</i> motiva o aluno, o ambiente de <i>testbed</i> proporciona colaboração entre aluno-professor-aluno.	O uso do <i>testbed</i> proporcionou a realização de experimentos práticos em uma rede real e com equipamentos reais, o que contribuiu para uma mudança na forma de ensinar e aprender conceitos de redes, além de motivar o aluno a participar da aula. Não houve estímulos à colaboração.
	Manipulação das tecnologias no ensino	Configuração do ambiente, recursos (hardware, software e conectividade) necessários, adequação e funcionamento do laboratório físico.	Houveram algumas dificuldades na configuração do ambiente pelos alunos, algumas falhas de hardware e software, além de instabilidade na conexão de rede. O laboratório físico funcionou adequadamente durante o curso.

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foi possível conhecer um pouco sobre o universo dos *testbeds* e entender como pode ocorrer sua aplicação no ensino, de forma a contribuir para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem na área de redes de computadores. Como são altos os custos para implantação e manutenção de um laboratório físico para experimentação prática na área de redes, iniciativas com o uso de *testbeds* têm se mostrado uma alternativa promissora, uma vez que oferecem aos alunos uma infraestrutura de comunicação formada por equipamentos reais, o que proporciona a eles práticas similares àquelas que acontecem nos cenários de produção.

Dessa forma, investigamos algumas iniciativas brasileiras de emprego de *testbeds* em sala de aula para ensinar conceitos de redes de computadores, identificando a abordagem pedagógica empregada, as técnicas de avaliação, os roteiros de práticas, as dificuldades enfrentadas por cada professor, além de diversos outros aspectos. A partir dessa identificação e de uma revisão de literatura, percebemos que o uso de *testbeds* no ensino, por ser algo ainda inovador, requer uma atenção especial do professor, exigindo que este adote critérios precisos desde a fase de elaboração da proposta até a sua avaliação e que estes mesmos critérios consigam servir de suporte para orientar novos docentes na tarefa de inserção dessa tecnologia em sala de aula.

Nesse sentido, foi possível desenvolver no contexto deste trabalho duas estratégias: o dispositivo de avaliação RUBIK e um guia de recomendações práticas para uso dos *testbeds* em sala de aula. O RUBIK é um dispositivo que permite a avaliação de um curso que utiliza *testbeds* sob diferentes perspectivas, além de guiar o professor por meio da sinalização de critérios importantes a serem considerados para o planejamento e avaliação de cursos desta categoria. O guia de recomendações orienta o professor na construção de um curso tendo como base as dimensões do RUBIK.

De modo geral, observamos que o uso dos *testbeds* como ambiente para realização de laboratórios práticos obteve excelentes resultados nas experiências investigadas, contribuindo para motivar o aluno e promovendo uma mudança significativa de sua postura dentro e fora da sala de aula. Esses bons resultados contribuem para fortalecer a ideia de adoção dos *testbeds* no cenário educacional, já que esses ambientes contribuem para

potencializar os resultados de ensino e aprendizagem na área de redes de computadores, fornecendo aos discentes uma experiência prática diferenciada daquelas que ocorrem nos ambientes de laboratórios tradicionais, comumente baseados no uso de softwares simuladores.

Apesar dos resultados satisfatórios do emprego de *testbeds* para a área de pesquisas e das constantes iniciativas da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) em fomentar seu uso em cenário educacional, poucos trabalhos são vistos nesse sentido. Um fator que contribui para que as tecnologias utilizadas para pesquisas não sejam incorporadas ao ensino é retratado por Liu, Geertshuis e Grainger (2020) em seu framework que discute a adoção de tecnologias de aprendizagem no meio acadêmico. Para os autores, existe uma priorização pela área da pesquisa, enquanto o ensino é considerado de baixa predileção pelas comunidades científicas. Por isso, mesmo havendo um reconhecimento da comunidade de que esses ambientes podem contribuir de forma significativa com a formação na área, ainda faltam ações de formação docente e são poucas as pesquisas que avançam no uso dos mesmos na educação.

Além disso, muitos profissionais sequer conhecem tal tecnologia, tampouco conseguem acrescentar uma abordagem mais prática às suas aulas, já que os *testbeds* possuem características não triviais. Nesse sentido, conhecer estratégias de ensino já realizadas naquele cenário, entendendo como aconteceu o emprego da tecnologia, as estratégias de ensino utilizadas, além das práticas de laboratórios em forma de tutorial, permite familiarizar o professor com o novo contexto, oferecendo um ponto de partida para aqueles que almejam usar os *testbeds* como ambiente de laboratório, mas não sabem por onde começar.

Assim, entendemos que ainda é preciso motivar os professores da área a adotarem esta tecnologia em suas aulas. Por isso, o desenvolvimento de materiais que fomentem essa ideia, fornecendo um passo a passo para a sua inserção são importantes, já que tudo que é novo tende a se tornar desafiador. Ademais, os docentes precisam estar abertos a esta adoção e entender que apenas a inserção da tecnologia não provocará mudanças no modo de ensinar, sendo preciso também desenvolver estratégias de ensino inovadoras para lidar com as peculiaridades do ambiente, em especial aquelas relacionadas à indisponibilidade da infraestrutura.

7.1 TRABALHOS FUTUROS

Por fim, como trabalhos futuros, é possível realizar o desenvolvimento de um novo curso de redes de computadores, utilizando como base o guia de recomendação aqui apresentado e o dispositivo RUBIK como base para sua construção. É possível desenvolver ainda uma arquitetura pedagógica contemplando o uso de outras tecnologias integradas (além do *testbed*) e estratégias de ensino variadas (além da aprendizagem experiencial) para ensinar os conteúdos de redes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIRI, P.; ANDERSON, P. K. et al. Cisco packet tracer as a teaching and learning tool for computer networks in dwu. *Contemporary PNG Studies*, DWU Press Publishers, v. 26, p. 88, 2017.
- ANDRADE, A. M.; SILVA, J. J.; SILVA, E. F.; ROCHA, L. F. da; WANGHAM, M. Pesquisas exploratórias no testbed eduroam do gidlab. In: SBC. *Anais Estendidos do XVIII Simpósio Brasileiro em Segurança da Informação e de Sistemas Computacionais*. [S.l.], 2018. p. 126–129.
- ARAÚJO, G. H. de; SCHWARZ, M. F.; CAMPOS, L. E. F. de; CIUFFO, L. N.; HERNANDEZ, M. P.; DIAS, G. N. Evolução do testbed fibre. In: SBC. *Anais do X Workshop de Pesquisa Experimental da Internet do Futuro*. [S.l.], 2019. p. 38–47.
- BACICH, L.; MORAN, J. *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. [S.l.]: Penso Editora, 2018.
- BELISÁRIO, A. O material didático na educação a distância e a constituição de propostas interativas. *Educação online: teorias, práticas, legislação, formação corporativa*, Edições Loyola, v. 4, p. 137–148, 2003.
- BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. *Semina: Ciências Sociais e Humanas*, v. 32, n. 1, p. 25–40, 2011.
- BERSOLIN, G. G. *MODELO ANDRAGÓGICO DE PLANO DE AULA À LUZ DAS TEORIAS DA APRENDIZAGEM EXPERIENCIAL E EXPANSIVA*. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) — Universidade Federal de Santa Catarina, 2020.
- BEUTEL, J.; LIM, R.; MEIER, A.; THIELE, L.; WALSER, C.; WOEHRLE, M.; YUECEL, M. The flocklab testbed architecture. In: *Proceedings of the 7th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems*. [S.l.: s.n.], 2009. p. 415–416.
- BRITO, I. V. S.; RIBEIRO, A. V.; SAMPAIO, L. N. Experiências com uso da ferramenta sdn-ips no testbed fibre para práticas de ensino de redes e cibersegurança. In: SBC. *Anais do III Workshop do Testbed FIBRE*. [S.l.], 2018.
- CAVALHEIRO, C.; TEIVE, G. Movimento escolanovista: três olhares. In: *XVI CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO-EDUCERE, Paraná, Curitiba. Anais... Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná*. [S.l.: s.n.], 2013. p. 21775–21787.

CHANG, R. K. Teaching computer networking with the help of personal computer networks. *ACM SIGCSE Bulletin*, ACM, v. 36, n. 3, p. 208–212, 2004.

CIUFFO, L.; SALMITO, T.; REZENDE, J.; MACHADO, I. Testbed fibre: Passado, presente e perspectivas. In: SN. *Anais do WPEIF 2016 Workshop de Pesquisa Experimental da Internet do Futuro*. [S.l.], 2016. p. 3–6.

CORINO, M. J. V.; BERTAGNOLLI, S. de C.; SCHMITT, M. A. R. O ensino de redes de computadores usando aprendizagem baseada em projetos e a teoria da aprendizagem significativa. *# Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia*, v. 9, n. 2, 2020.

COSTA, C. M.; ALVES, I. C.; MACIEL, J. M.; ALBANO, W. Aplicação de sdn no gerenciamento de perfis de usuário em dispositivos de rede. In: SBC. *Anais Estendidos do XXXVI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos*. [S.l.], 2018.

CRIVELARO, L. P. *INDICADORES QUE LEVAM UM PROFESSOR A TORNAR-SE COLABORATIVO*. Tese (Doutorado em Educação - Área de Concentração Ciências Sociais na Educação) — Universidade Estadual de Campinas, 2014.

DUTRA, R. L. d. S. *AAERO: ambiente de aprendizado para o ensino de redes de computadores orientado a problemas*. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

FERREIRA, K. H.; LIMA, R. W. de; LIMA, M. V. d. A.; CHAVES, O. M. Laboratório virtual para o ensino de redes de computadores no moodle. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. [S.l.: s.n.], 2013. v. 24, n. 1, p. 950.

GONZÁLEZ, M. L.; MARCHUETA, J.; VILCHE, E. A. Modelo de aprendizaje experiencial de kolb aplicado a laboratorios virtuales en ingeniería en electrónica. In: *I Jornadas Nacionales de TIC e Innovación en el Aula*. [S.l.: s.n.], 2011.

JANITOR, J.; JAKAB, F.; KNIEWALD, K. Visual learning tools for teaching/learning computer networks: Cisco networking academy and packet tracer. In: IEEE. *2010 Sixth International Conference on Networking and Services*. [S.l.], 2010. p. 351–355.

KAMIENSKI, C.; MARIZ, D.; SADOK, D.; FERNANDES, S. Arquiteturas de rede para a próxima geração da internet. *Minicursos do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores-SBRC 2005*, v. 9, n. 3, p. 1–50, 2005.

KHAN, B. H. *Managing e-learning: Design, delivery, implementation, and evaluation*. [S.l.]: IGI Global, 2005.

KOLB, A. Y.; KOLB, D. A. Learning styles and learning spaces: Enhancing experiential learning in higher education. *Academy of management learning & education*, Academy of Management Briarcliff Manor, NY 10510, v. 4, n. 2, p. 193–212, 2005.

- KOLB, A. Y.; KOLB, D. A. *The experiential educator: Principles and practices of experiential learning*. [S.l.]: Experience based learning systems, 2017.
- KOLB, D. *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1984. Disponível em: <http://www.learningfromexperience.com/images/uploads/process-of-experiential-learning.pdf!>
- KOLB, D.; KOLB, A. *The Kolb Learning Style Inventory 4.0: Guide to Theory, Psychometrics, Research Applications*. [S.l.: s.n.], 2013.
- KONAK, A.; CLARK, T. K.; NASEREDDIN, M. Using kolb's experiential learning cycle to improve student learning in virtual computer laboratories. *Computers & Education*, Elsevier, v. 72, p. 11–22, 2014.
- KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. *Redes de Computadores e a Internet: uma abordagem top-down*. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2014. 658 p.
- LAGO, A. F. *COMUNIDADES VIRTUAIS E INTERATIVIDADE: um estudo sobre cursos on-line como espaço de (in)formação*. Tese (Mestrado em Ciência da Informação) — Universidade Federal da Bahia, 2005.
- LEITE, F. N.; HOJI, E. S.; JUNIOR, H. A. A blended learning method applied in data communication and computer networks subject. *IEEE Latin America Transactions*, IEEE, v. 16, n. 1, p. 163–171, 2018.
- LIMA, T. L. P.; CARVALHO, W. V. de. Aulas invertidas e práticas lúdicas no ensino de redes de computadores. In: SBC. *Anais do Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*. [S.l.], 2021. p. 211–218.
- LIMA, V. V. Espiral construtivista: uma metodologia ativa de ensino-aprendizagem. *Interface-Comunicação, Saúde, Educação*, SciELO Public Health, v. 21, p. 421–434, 2016.
- LIRA, I. d. A.; SOUZA, I. T. de; COSTA, F. C. Gamificação como estratégia de dinamização de disciplina técnica do curso de redes de computadores do ensino médio integrado. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 7, p. 46263–46280, 2020.
- LIU, Q.; GEERTSHUIS, S.; GRAINGER, R. Understanding academics' adoption of learning technologies: A systematic review. *Computers Education*, Elsevier, p. 103857, 2020.
- LUCKESI, C. Avaliação da aprendizagem na escola: reelaborando conceitos e recriando a prática. *Salvador: Malabares*, 2005.
- MACHADO, I.; SALMITO, T. L.; CIUFFO, L. N.; MARQUES, D. A. L.; RODRIGUEZ, N.; STANTON, M.; DIAS, G. N.; SORIA, C. C. H. et al. El uso de plataformas para experimentación en internet del futuro para la enseñanza de redes de computadoras. 2015.

MARIETTO, M. d. G. B.; BOTELHO, W. T.; FERREIRA, J. C. da M.; PIMENTEL, E. P. Teoria da aprendizagem experiencial de kolb e o ciclo de belhot guiando o uso de simulações computacionais no processo ensino aprendizagem. In: *Anais do Workshop de Informática na Escola*. [S.l.: s.n.], 2014. v. 20, n. 1, p. 527.

MEHRTASH, M.; YUEN, T.; BALAN, L. Implementation of experiential learning for vehicle dynamic in automotive engineering: Roll-over and fishhook test. *Procedia Manufacturing*, Elsevier, v. 32, p. 768–774, 2019.

MELGAÇO, A.; DIAS, J. Desenvolvimento e aplicação de práticas desplugadas para o ensino de redes de computadores. In: *Anais do Workshop de Informática na Escola*. [S.l.: s.n.], 2019. v. 25, n. 1, p. 481–490.

MIKROYANNIDIS, A.; COLLINS, D.; TRANORIS, C.; DENAZIS, S.; PAREIT, D.; GERWEN, V.-V.; MOERMAN, I.; JOURJON, G.; FOURMAUX, O.; DOMINGUE, J. et al. Forge: an elearning framework for remote laboratory experimentation on fire testbed infrastructure. In: *Building the Future Internet through FIRE-2016 FIRE Book: A Research and Experiment based Approach/Serrano, M.[edit.]; et al.[edit.]*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 521–559.

MOČINIĆ, S.; TATKOVIĆ, N.; TATKOVIĆ, S. The use of kolb's model in science teaching methodology. *Propósitos y Representaciones*, v. 8, n. SPE2, p. 685, 2020.

MONTEIRO, J. A. S. *Redes Experimentais*. [S.l.], 2012. 94 p.

MORÁN, J. Mudando a educação com metodologias ativas. *Coleção Mídias Contemporâneas. Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens*, v. 2, n. 1, p. 15–33, 2015.

MOREIRA, M. D.; FERNANDES, N. C.; COSTA, L.; DUARTE, O. Internet do futuro: Um novo horizonte. *Minicursos do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores-SBRC*, v. 2009, p. 1–59, 2009.

OLIVEIRA, F. R. de; OLIVEIRA, D. H. I. de; FERNANDES, A. H. Metodologias ativas: Repensando a prática docente no contexto educacional do século xxi. *Revista Aproximação*, v. 2, n. 02, 2020.

OLIVEIRA, S. A. B. d. *Programação para administração de redes de computadores: uma proposta de ensino-aprendizagem baseada no modelo de Sala de Aula Invertida*. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, 2018.

PEDROSO, D.; LOPES, B.; MARCONDES, C.; BAREA, E. Simulação de ambientes de redes utilizando a testbed fibre-aplicações na pesquisa e no ensino. In: SBC. *Anais do III Workshop do Testbed FIBRE*. [S.l.], 2018.

POCH, A. P.; CARRACEDO, F. S.; BALLESTEROS, M. N. S.; ÁLVAREZ, D. L. Co-operative learning and embedded active learning methodologies for improving students' motivation and academic results. *International journal of engineering education*, Tempus Publications, p. 1851–1858, 2019.

RAMOS, V. J. *Implementação da comunicação direta entre máquinas via socket*. [S.l.]. 54 p.

RIBEIRO, G. O.; SILVA, T. E.; NUNES, A. O.; PINTO, F. A.; VASCONCELO, F. H. L. Avaliação da efetividade do ensino em um curso de formação continuada semipresencial. In: *Anais do Workshop de Informática na Escola*. [S.l.: s.n.], 2013. v. 1, n. 1, p. 369.

RODRIGUES, A. F. T. *Tutorial de isolamento de tráfego em camada 3 (transporte) como se fosse camada 2 (endereçamento) usando o protocolo VXLAN*. [S.l.], 2019. 23 p.

SALMITO, T.; CIUFFO, L.; MACHADO, I.; SALVADOR, M.; STANTON, M.; RODRIGUEZ, N.; ABELEM, A.; BERGESIO, L.; SALLEN, S.; BARON, L. Fibre-an international testbed for future internet experimentation. In: . [S.l.: s.n.], 2014.

SANTOS, A. E. D.; SILVA, T. R. da; SANTOS, F. G. dos; ALMEIDA, F. F. de; VALÉRIO, J. R.; ARANHA, E. H. da S. Ensino de redes de computadores mediado por tecnologias educacionais: um mapeamento sistemático da literatura. *RENOTE*, v. 18, n. 1, 2020.

SANTOS, V. D.; SANTOS, E. R. S. dos; BITENCOURT, R. Counter strike no ensino de redes de computadores. In: SBC – PROCEEDINGS OF SBGAMES. *Anais do XV SBGames*. [S.l.], 2016.

SANTOS, W. d. *Uso de simuladores como ferramenta no ensino e aprendizagem de redes de computadores em um novo modelo de ensino*. Dissertação (Mestrado Profissional em Sistemas de Informação e Gestão do Conhecimento) — Universidade FUMEC, 2016.

SCHMITT, C. d. S.; DOMINGUES, M. J. C. d. S. Learning styles: a comparative study. *Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)*, SciELO Brasil, v. 21, n. 2, p. 361–386, 2016.

SILBERMAN, M. *Active Learning: 101 Strategies To Teach Any Subject*. [S.l.]: ERIC, 1996.

SILVA, A. M. C. e.; SILVA, B. D. d. Dispositivos de avaliação de projectos em tic: uma experiência em portugal. *Revista Diálogo Educacional*, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, v. 8, n. 24, p. 389–404, 2008.

SILVEIRA, J. T.; ROCHA, J. B. T. d. Tradução e ferramenta de validação de conteúdo de avaliação do ensino pelos alunos. *RIEE. Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, Red Iberoamericana de Investigación sobre Cambio y Eficacia Escolar (RINACE), 2017.

TAVARES, T. N.; RODRIGUES, A. S.; SILVA, B. M. da. Ctc—proposta de uma arquitetura para testbed universitária. *Revista Eletrônica de Iniciação Científica em Computação*, v. 16, n. 2, 2018.

TREVELIN, A. T. C. Estilos de aprendizagem de kolb: Estratégias para a melhoria do ensino-aprendizagem. *Revista de Estilos de Aprendizaje*, v. 4, n. 7, 2011.

VALCY, I.; RIBEIRO, A.; SAMPAIO, L. *Sistema de Prevenção de Intrusão baseado em SDN/OpenFlow*. [S.l.], 2018. 75 p.

VALENZUELA, G.; AMARAL, L. Laboratório de roteamento bgp para ambiente educacional no testbed fibre. In: SBC. *Anais do III Workshop do Testbed FIBRE*. [S.l.], 2018.

VOSS, G. B. *TCN5-Teaching Computer Networks in a Free Immersive Virtual Environment*. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

WERNER-ALLEN, G.; SWIESKOWSKI, P.; WELSH, M. Motelab: A wireless sensor network testbed. In: IEEE. *IPSN 2005. Fourth International Symposium on Information Processing in Sensor Networks, 2005*. [S.l.], 2005. p. 483–488.

YANG, S.-K.; LIU, C.-G. Promoting the efficiency of learning computer network course with the use of cisco network devices. In: IEEE. *2019 IEEE International Conference on Architecture, Construction, Environment and Hydraulics (ICACEH)*. [S.l.], 2019. p. 82–85.

ZHAMANOV, A.; SAKHIYEVA, Z. Implementing flipped classroom and gamification teaching methods into computer networks subject, by using cisco networking academy. In: IEEE. *2015 twelve international conference on electronics computer and computation (ICECCO)*. [S.l.], 2015. p. 1–4.

Apêndice

A

CHAMADA DE INCENTIVO FIBRE

Este apêndice apresenta a primeira chamada de incentivo da RNP para uso do *testbed* FIBRE em sala de aula.

Chamada para documentação de Exercícios Práticos em vídeo usando o testbed FIBRE

O testbed FIBRE¹ constitui um recurso importante para a comunidade acadêmica brasileira. A motivação inicial para a sua construção foi a necessidade de uma infraestrutura para pesquisa na área de redes de computadores e internet do futuro. No entanto, a infraestrutura resultante também pode apoiar a formação de recursos humanos na área de redes de computadores, permitindo tanto a familiarização com novas tecnologias como também o domínio de conceitos e tecnologias em utilização hoje e dos problemas envolvidos. O testbed é muito relevante como um laboratório remoto disponível para disciplinas de redes de computadores e sistemas distribuídos em qualquer universidade do país, em um momento em que muitas de nossas universidades não têm condições de implantar laboratórios locais de redes de computadores.

Para estimular esse uso, precisamos diminuir as barreiras de acesso ao testbed FIBRE. Não é trivial para um professor ou estudante ultrapassar as dificuldades iniciais de uso do testbed. Por isso pensamos em criar um repositório de exercícios propostos e resolvidos que funcionem como módulos prontos, que possam ser usados diretamente por professores em suas disciplinas, e também como instigadores do uso do testbed, servindo como base para o desenvolvimento de outros exercícios.

Esta chamada visa a criação de um repositório de exercícios práticos resolvidos no ambiente do testbed FIBRE, documentados em páginas web e em vídeos, para uso em disciplinas de redes de computadores.

Os exercícios práticos devem conter descrição do experimento fazendo uso de diagramas e figuras para melhor ilustrar, e ainda devem ser gravados em vídeo (com narração em áudio e/ou legenda explicativa) contendo todo passo a passo da seleção, configuração, execução, demonstração dos resultados e liberação de recursos do testbed FIBRE.

A descrição e os vídeos dos exercícios práticos devem ser feitos em duas etapas:

1. *Preparação do Ambiente*

- 1.1. *Descrição do cenário do experimento;*
- 1.2. *Procedimentos para seleção de recursos nas ilhas do testbed FIBRE (criação do projeto e slice);*
- 1.3. *Procedimentos para configuração do Plano de Controle entre os recursos selecionados (incluindo instalação de software, se necessário);*

2. *Execução do Exercício*

- 2.1. *Procedimentos para configuração do Plano de Dados entre os recursos selecionados (incluindo instanciação de máquinas virtuais e instalação de software, se necessário);*
- 2.2. *Descrição da execução do experimento quanto ao Plano de Controle;*
- 2.3. *Descrição da execução do experimento quanto ao Plano de Dados;*
- 2.4. *Obtenção dos resultados da execução do experimento;*
- 2.5. *Visualização dos resultados da execução do experimento;*
- 2.6. *Procedimentos de desalocação dos recursos selecionados (liberação do slice);*

¹ www.fibre.org.br

Cada exercício deverá ainda fazer o uso de duas ilhas de experimentação do FIBRE. I.e., recursos deverão ser alocados em mais de uma instituição.

O que deve ser entregue

- Documento no formato .DOC com a documentação completa passo a passo e ilustrada de um exercício (seguir exemplo do material disponível em <http://fibre.org.br/documentation/courseware/>).
- Vídeo-aula editada usando a ferramenta de autoria Cacuriá² (treinamento será fornecido aos selecionados).

Para a gravação em vídeo da tela do computador, poderá ser usada qualquer ferramenta capaz de gerar vídeos nos formatos MPEG, WMV, AVI ou HTML5. Uma licença temporária do software Camtasia Studio poderá ser disponibilizada.

Prazo e remuneração

Espera-se que as entregas sejam realizadas no prazo de 1 mês. A remuneração oferecida para essa atividade é de R\$ 500,00 (quinhentos reais) líquido, pago em parcela única, na forma de contrato com pessoa física.

Seleção

Nesta primeira chamada serão selecionados até 3 candidatos. Cada candidato deverá documentar 1 exercício escolhido da lista de exercícios em anexo.

Os critérios de seleção serão:

- Experiência de uso e familiaridade do candidato com o testbed FIBRE.
- Experiência prévia na gravação de videoaulas ou instruções em vídeo com gravação de desktop.

Os interessados poderão se candidatar até o dia 8/11/2015.

O resultado da seleção será anunciado até o dia 13/11/2015.

Dúvidas

Questões sobre esta chamada podem ser enviadas para info@fibre.org.br

² www.cacuria.com.br

Anexo I

Listamos a seguir 3 exercícios selecionados do Livro “**Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down**”, 6ª edição, dos autores James Kurose e Keith Ross. Os códigos-fonte requeridos pelos exercícios estão disponíveis nos links abaixo:

<http://fibre.org.br/wp-content/uploads/2015/09/Solutions-to-Programming-Assignments.zip>

<http://fibre.org.br/wp-content/uploads/2015/09/Retired-Java-Socket-Programming-Solutions.zip>

Cada exercício deverá ser executado de forma federada, alocando recursos em duas ilhas do testbed FIBRE. Uma mesma ilha não poderá ser usada por mais de um exercício. Para cada candidato selecionado, serão designadas duas ilhas para a execução do exercício. Por exemplo:

- Candidato A executará o Exercício 1 nas ilhas da UFPA e UFG
- Candidato B executará o Exercício 2 nas ilhas da RNP e UFSCAR
- Candidato C executará o Exercício 3 nas ilhas da USP e UFPE

EXERCÍCIO 1

- Página 130:
 - P31 e P32: execução de códigos em python para testar conexões TCP e UDP (programação de sockets):

P31. Instale e compile os programas Python TCPClient e UDPClient em um hospedeiro e TCPServer e UDPServer em outro.

- a. Suponha que você execute TCPClient antes de executar TCPServer. O que acontece? Por quê?
- b. Imagine que você execute UDPClient antes de UDPServer. O que acontece? Por quê?
- c. O que acontece se você usar números de porta diferentes para os lados cliente e servidor?

P32. Suponha que, em UDPClient.py, depois de criarmos o *socket*, acrescentemos a linha:

```
clientSocket.bind('', 5432)
```

Será necessário mudar UDPServer.py? Quais são os números de porta para os *sockets* em UDPClient e UDPServer? Quais eram esses números antes dessa mudança?

UDPClient.py

Aqui está o código para o lado cliente da aplicação:

```
from socket import *
serverName = 'hostname'
serverPort = 12000
clientSocket = socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_DGRAM)
message = raw_input('Input lowercase sentence:')
clientSocket.sendto(message, (serverName, serverPort))
modifiedMessage, serverAddress = clientSocket.recvfrom(2048)
print modifiedMessage
clientSocket.close()
```

UDPServer.py

Vamos agora dar uma olhada no lado servidor da aplicação:

```
from socket import *
serverPort = 12000
serverSocket = socket(AF_INET, SOCK_DGRAM)
serverSocket.bind(('', serverPort))
print "The server is ready to receive"
while 1:

    message, clientAddress = serverSocket.recvfrom(2048)

    modifiedMessage = message.upper()
    serverSocket.sendto(modifiedMessage, clientAddress)
```

TCPClient.py

Eis o código para o lado cliente da aplicação:

```
from socket import *
serverName = 'servername'
serverPort = 12000
clientSocket = socket(AF_INET, SOCK_STREAM)
clientSocket.connect((serverName, serverPort))
sentence = raw_input('Input lowercase sentence:')
clientSocket.send(sentence)
modifiedSentence = clientSocket.recv(1024)
print 'From Server:', modifiedSentence
clientSocket.close()
```

TCPServer.py

Agora vamos examinar o programa servidor.

```
from socket import *
serverPort = 12000
serverSocket = socket(AF_INET, SOCK_STREAM)
serverSocket.bind(('', serverPort))
serverSocket.listen(1)
print 'The server is ready to receive'
while 1:
    connectionSocket, addr = serverSocket.accept()
    sentence = connectionSocket.recv(1024)
    capitalizedSentence = sentence.upper()
    connectionSocket.send(capitalizedSentence)
    connectionSocket.close()
```

EXERCÍCIO 2

- Página 131:
 - Tarefa 2: UDP Pinger:

Tarefa 2: UDP Pinger

Nesta tarefa de programação, você escreverá um programa *ping* do cliente em Python. Seu cliente enviará uma mensagem *ping* simples a um servidor, receberá uma mensagem *pong* correspondente de volta do servidor e determinará o atraso entre o momento em que o cliente enviou a mensagem *ping* e recebeu a mensagem *pong*. Esse atraso é denominado tempo de viagem de ida e volta (*round-trip time* — RTT). A funcionalidade oferecida pelo cliente e servidor é semelhante à fornecida pelo programa *ping* padrão, disponível nos sistemas operacionais modernos. Porém, os programas *ping* padrão usam o Internet Control Message Protocol (ICMP) (que veremos no Capítulo 4). Aqui, criaremos um programa *ping* baseado em UDP, fora do padrão (porém simples!).

Seu programa *ping* deverá enviar 10 mensagens *ping* ao servidor de destino por meio de UDP. Para cada mensagem, seu cliente deverá determinar e imprimir o RTT quando a mensagem *pong* correspondente for retornada. Como o UDP é um protocolo não confiável, um pacote enviado pelo cliente ou servidor poderá ser perdido. Por esse motivo, o cliente não poderá esperar indefinidamente por uma resposta a uma mensagem *ping*. Você deverá fazer que o cliente espere até 1 s por uma resposta do servidor; se nenhuma resposta for recebida, o cliente deverá considerar que o pacote foi perdido e imprimir uma mensagem de acordo.

Nesta tarefa, você receberá o código completo para o servidor (disponível no site de apoio). Sua tarefa é escrever o código cliente, que será semelhante ao código do servidor. Recomendamos que, primeiro, você estude cuidadosamente o código do servidor. Depois, poderá escrever seu código cliente, cortando e colando à vontade as linhas do código do servidor.

EXERCÍCIO 3

Capítulo 8 - Segurança em Redes de Computadores

- Página 549:
 - P1: usar o código dos exercícios P31 e P32 (EXERCÍCIO 1 - programação de sockets: UDPClient.py / UDPServer.py / TCPClient.py / TCPServer.py) para implementar o envio de mensagens criptografadas a partir dos códigos de Criptografia de Chaves Simétricas (página 498 a 500):

P1. Usando a cifra monoalfabética da Figura 8.3, codifique a mensagem "This is an easy problem" (este é um problema fácil). Decodifique a mensagem "rmij'u uamu xyj".

- Um cifra monoalfabética (página 499) ~ Figura 8.3:

FIGURA 8.3 UM CIFRA MONOALFABÉTICA

Letra no texto aberto: a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z
Letra no texto cifrado: m n b v c x z a s d f g h j k l p o i u y t r e w q

- Um cifra polialfabética que utiliza duas cifras de César ~ Figura 8.4:

FIGURA 8.4 UMA CIFRA POLIALFABÉTICA QUE UTILIZA DUAS CIFRAS DE CÉSAR

Letra do texto aberto: a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z
 $C_1(k=5)$: f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z a b c d e
 $C_2(k=19)$: t u v w x y z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s

Apêndice

B

MATRIZ DE ANÁLISE DE CONTEÚDO

Esse apêndice traz a análise de todas as mensagens trocadas no fórum de discussão dentro do tópico “Acesso ao ambiente de experimentação FIBRE” através da aplicação da técnica análise de conteúdo proposta por Lago (2005).

Aplicação da matriz de análise: Acesso ao ambiente de experimentação FIBRE

1 – Dados de identificação						
Título do GD: Não havia separação de mensagem no fórum						
Tema/Assunto: Acesso ao ambiente de experimentação FIBRE			Início:08/03/2018; 23:42 Término: 14/03/2018; 20:54		Mediador(es): I.V	
2 – Objetivo(s)						
Geral: Acessar o ambiente de experimentação FIBRE para realização de experimentos práticos.						
Específico(s): Criar conta de usuário no portal FIBRE, acessar o portal OCF, conectar VPN do FIBRE e criar slice no portal OCF.						
3 – Seqüência das interações						
Intervenções					Perfil de participação	
Nº. de ordem	Membro	Ações discursivas	Contribuições	P	C	I
01	I.V	Apresenta instruções iniciais para criação de conta durante o primeiro acesso.	Links para conseguir chegar a solução		X	
02	V.D	Apresenta dificuldades encontradas durante o processo de configuração do ambiente.	Indica a imagem com o erro apresentado. Estimula a participação dos outros alunos.		X	
03	I.V	Informa que a mensagem apresentada não é referente a erro e indica para prosseguir com os passos.		X		
04	V.D	Relata continuar com dificuldades para concluir a configuração, mesmo tendo seguido todos os passos listados.	Indica a imagem com o erro apresentado. Solicita ajuda para solucionar o problema, estimulando a participação dos outros alunos.		X	
05	I.V	Recomenda que os passos do tutorial sejam seguidos à risca.	Especula a razão para o erro apresentado. Indica o item do tutorial que pode ajudar a solucionar o problema.		X	
06	C.R.S.A	Contribui com dados para solucionar o problema de configuração relatado pelo colega.	Traz experiência pessoal que contribui para solucionar o erro. Indica, através de imagem, o passo a passo de configuração.		X	
07	CRSA		Indica material de leitura para solucionar o problema.		X	
08	V.D	Informa ter seguido os passos indicados pelo instrutor e ter solucionado o problema. Relata apresentar novos problemas nas configurações posteriores. Agradece as contribuições.		X		
09	L.B.N	Relata estar com as mesmas		X		

		dúvidas de V.D. Questiona quais os passos que ele já realizou.			
10	V.D	Informa ter feito todos os passos do tutorial do laboratório e ter conseguido resolver parcialmente, pois ainda apresentava dificuldades para acessar a VPN.		X	
11	L.B.N	Questiona qual o problema com a VPN.		X	
12	V.D	Compartilha o erro	Apresenta o histórico de erro.		X
13	V.D	Informa os passos que já realizou e o erro que aconteceu. Solicita material do arquivo de configuração da OpenVPN.	Apresenta imagens que ajuda a entender o erro apresentado.		X
14	L.B.N	Questiona os passos que foram feitos.	Apresenta, através de imagem, um passo que pode ajudar a solucionar o problema.		X
15	R.G		Divulga um vídeo, de autoria própria, para ajudar os colegas na fase inicial da configuração. Se dispõe a ajudar em outros problemas.		X
16	I.V	Elogia a iniciativa de R.G em produzir material explicativo para ajudar os colegas que estão com dificuldades. Solicita permissão para compartilhar o vídeo em outros ambientes.		X	
17	R.G	Concede permissão para compartilhamento do vídeo em outros espaços de aprendizagem.		X	
18	R.G		Compartilha novos vídeos para prosseguir com a configuração do ambiente.		X
19	C.R.S.A	Relata problemas ao criar nomes no slice com acentuação.	Introduz depoimento sobre os erros que ocorreram na configuração do slice ao criar nomes com acentuação.		X
20	V.D	Relata ter encontrado novos problemas para finalizar a configuração. Solicita ajuda dos colegas para solucionar o erro.	Apresenta os comandos que está realizando.		X
21	M.S	Questiona se o usuário utilizado na configuração é o usuário root.	Indica o comando a ser utilizado para conseguir rodar a configuração como administrador.		X
22	I.V	Indica alguns comandos que devem ser realizados.	Disponibiliza um trecho de código que permite verificar se		X

			houve sucesso na instalação.			
23	V.D	Informa ter seguido os passos descritos, mas o erro persiste.	Apresenta o histórico de erro.		X	
24	I.V	Explica o significado do erro e informa como solucionar.	Apresenta os comandos que devem ser executados para verificar se os pacotes foram instalados corretamente. Se disponibiliza a verificar presencialmente a máquina virtual, caso o erro persista.		X	
25	V.D	Agradece o apoio do instrutor. Questiona se a atualização do S.O pode influenciar e se pode reinstalar as máquinas virtuais.	Lista o retorno após a finalização do comando.		X	
26	I.V	Questiona qual o tipo de atualização foi feita no S.O.	Indica que dependendo do tipo de atualização realizada pode comprometer a configuração do roteiro.	X		
27	V.D	Informa ter realizado apenas atualizações de segurança. Indica continuar com o mesmo problema de configuração.	Apresenta o histórico de erros.	X		
28	I.V	Solicita o envio do resultado do comando de instalação.	Indica o comando a ser executado.		X	
29	L.B.N	Apresenta um passo a passo para solucionar o problema da configuração.	Através de sua experiência pessoal durante a configuração, demonstra os passos que seguiu para conseguir finalizar a configuração com êxito.			X
30	R.G	Informa que é preciso seguir todos os passos em sequência e corretamente, pois um erro em um passo anterior, impactam o passo seguinte e assim por diante.	Relata já ter visto o erro em configurações dos colegas e que estava relacionado a erros de configuração realizados no passo 2. Supões que o V.D omitiu alguns passos durante a configuração e sugere que ele retorne ao passo 2 para verificação e reconfiguração.			X
31	R.G	Vídeos explicativos sobre as configurações do controlador.	Disponibiliza novos vídeos criados para ajudar os colegas com as dúvidas de configuração.			X
32	R.G	Vídeos explicativos sobre as configurações da VPN.	Disponibiliza novos vídeos criados para ajudar os colegas com as dúvidas de configuração.			X
Total das Intervenções / Perfil de Participação:				9	16	7
4 – Áreas de Significação: Configuração de VPN, pacotes de instalação no Python, dificuldades de configuração no ambiente de <i>testbed</i> FIBRE.						

5 – Parecer: Através da análise realizada nas mensagens do fórum, foi possível identificar um ambiente com baixo nível de colaboração entre os participantes. Das 32 mensagens trocadas, apenas 6 alunos interagiram, além disso, nem todas as mensagens foram consideradas relevantes para a aprendizagem, não contribuindo assim para fortalecer o processo de ensino e aprendizagem. Foi possível identificar também, uma razoável mediação do instrutor, limitada apenas a responder os questionamentos e dúvidas dos alunos, indicando a leitura do material tutorial ou indicando trechos de códigos a serem executados, mas sem estimular a participação dos demais participantes na discussão, não favorecendo assim, a construção de um ambiente de ensino colaborativo. Apesar da baixa colaboração/interação, foi possível identificar a autonomia de um aluno em produzir vídeos, com conteúdos explicativos, para ajudar os colegas que estavam com problemas para finalizar a configuração do ambiente e realização dos roteiros de laboratório. É importante salientar, que tal iniciativa representa uma autonomia dos alunos para com sua aprendizagem, guiando-o para uma aprendizagem ativa, além de agir de forma proativa com os demais colegas.

OBS: Para preservar a identidade dos participantes, seus nomes foram substituídos pelas siglas iniciais de seus nomes.

Apêndice

C

ANÁLISE DAS COMPREENSÕES DO QUESTIONÁRIO APLICADO AOS PROFESSORES

Este apêndice apresenta a análise das compreensões das respostas as questões discursivas presentes no questionário aplicado aos professores de redes de computadores que possui experiência com o uso de *testbeds* no ensino.

Análise das compreensões informadas na categoria Pedagógica

Respostas à pergunta: “Em um parágrafo, descreva como foi a sua experiência de uso do TestBed como ambiente de ensino - aprendizagem (motivações, modalidade de ensino, avaliações, carga horária, conteúdo, produção de material didático, dentre outros).”

Participante	Resposta	Contribuições
Professor A	<p>O FIBRE abriu uma chamada para desenvolvimento de trabalhos que incentivassem o uso do testbed para ensino. Enviamos uma proposta, que foi selecionada, e iniciamos a produção do material didático. Cada seção do material foi dividida em uma parte teórica e uma parte prática, para que os alunos pudessem realizar laboratórios na infraestrutura do <i>testbed</i>. A ideia é que qualquer pessoa pudesse realizar as experiências contidas no material sem que houvesse necessidade de auxílio externo. Com o objetivo de avaliar o material que foi construído, realizamos uma oficina ao longo de um mês, com encontros semanais presenciais. Para construção das aulas, aplicamos um questionário para verificação de conhecimento da turma (composta por alunos de diferentes níveis e de profissionais com tempo de experiência diverso), com o objetivo de entender o nível de detalhe que precisaríamos em cada tópico. As aulas foram ministradas na UFBA e utilizamos slides para as apresentações. Durante o intervalo entre as aulas presenciais, a comunicação ocorria através do fórum da disciplina no AVA. Os feedbacks dos alunos no final do curso foram utilizados para melhoria do material e para recomendações ao pessoal que gerencia o testbed</p>	<p>O entrevistado destaca que sua motivação para a produção do curso foi a chamada de incentivo FIBRE. Relata também, que todo o material do curso foi produzido pensando no público alvo do curso (identificação por meio de questionários diagnósticos), e construído de forma a possibilitar que qualquer pessoa que o possuísse, pudesse realizar as atividades propostas sem a necessidade de auxílio externo (profissionais ou materiais). Destaca ainda o uso de Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) para prover comunicações remotas e uso de feedbacks pelos alunos para promover avaliação e melhoria do material.</p>
Professor B	<p>A motivação foi proporcionar ao aluno um ambiente o mais próximo do ambiente real possível, tendo em vista que ferramentas de emulação possuem muitas abstrações e nem sempre funcionam como o ambiente real. Ao ser exposto a um ambiente de <i>testbed</i>, o aluno precisa lidar com problemas, desenvolver sua capacidade de <i>troubleshooting</i>, precisa dar soluções criativas às limitações do ambiente e compartilhar recursos com outros experimentadores. A modalidade de curso usada foi semipresencial: uma parte do curso era realizada à distância com auxílio do Moodle e uma parte presencial. Na parte remota, o aluno era exposto ao conteúdo antecipadamente ao que seria apresentado na aula, os alunos possuíam uma plataforma de fórum virtual e eram desafiados a resolver alguns problemas como parte do processo de aprendizagem. A carga horária foi de 40h. Conteúdo: Introdução a redes, Arquitetura TCP/IP, Roteamento IP intra-AS e inter-AS, Segurança da informação, Detecção de</p>	<p>O entrevistado relata que sua motivação em realizar o curso foi oferecer ao aluno um ambiente de testes similar ao ambiente real e destaca que este tipo de experiência favorece o pensamento criativo do aluno. Indica ainda que o curso mesclou teoria e prática a partir da resolução de problemas, disponibilizados por meio da plataforma Moodle. Ao final, informa ainda que houve produção de diversos tipos de material didático (slides, livro texto, roteiro de laboratório e questões problema), além de ter havido estímulo à colaboração e interação por meio de fóruns de discussões na plataforma Moodle.</p>

	Intrusos, Mitigação de ataques, etc. Houve produção de material didático como slides, livros texto para apoio, roteiros de laboratório, questões problema, etc. Por fim, no fórum de discussão os alunos eram estimulados a um responder a dúvida do outro, o professor e os monitores atuavam apenas estimulando a interação entre alunos.	
Professor C	Utilizei o FIBRE em um trabalho de uma disciplina que cursei no doutorado em 2015. O esquema de ilhas descentralizadas favorece o acesso aos recursos do FIBRE, porém a dependência da autorização para a criação dos slices para realizar os experimentos pode gerar atrasos. Outro fator observado foi a instabilidade na disponibilidade do servidor que hospeda a interface para acesso ao OCF (OFELIA). Em 2016 utilizamos para experimentação com SDN em um minicurso do SBRC. De lá para cá não utilizei. A sua pesquisa é interessante, queria saber por exemplo no que o FIBRE evoluiu. Muito interessante a ideia de utilizar para ensino em disciplinas de graduação e pós.	O entrevistado não cita suas motivações para produção do curso, nem como o mesmo aconteceu, apenas sinaliza que utilizou o <i>testbed</i> durante um minicurso de SDN e que na sua visão, o seu esquema de ilhas favorece o acesso aos recursos do ambiente, porém indica haver uma instabilidade do servidor e que a dependência para se criar os slices tende a gerar atrasos nos experimentos.
Professor D	Eu e dois alunos de mestrado que também eram operadores do POP-MG, utilizamos o <i>testbed</i> Fibre para práticas do curso Redes Definidas por Software, para permitir que os alunos tivessem uma visão de um ambiente distribuído geograficamente usando SDN. O curso foi de 20 horas, com teoria e prática intercaladas a cada manhã, durante uma semana. O desenvolvimento de toda a parte de uso do <i>testbed</i> foi feito pelos outros dois instrutores.	O entrevistado indica ter utilizado <i>testbed</i> durante um curso de Redes Definidas por Software, intercalando durante as aulas teoria e prática simultaneamente. Destaca que o objetivo do curso era fornecer aos alunos a visão de um ambiente geograficamente distribuído, e que a carga horária foi de 20 horas.
Professor E	As motivações foram experimentar engenharia de tráfego com o protocolo LISP na plataforma FIBRE durante um minicurso do SBRC 2016. A carga horária foi de 4 horas. O conteúdo resumido foi: (i) Balanceamento de carga em ambiente de nuvem com Controlador SDN, (ii) Emulando uma aplicação de Engenharia de Tráfego em SDN com o Mininet e (iii) Engenharia de Tráfego com o Protocolo LISP – Experimentação na plataforma FIBRE.	O entrevistado indica que suas motivações em promover o minicurso foi experimentar engenharia de tráfego juntamente com o protocolo LISP na plataforma FEBRE, com duração de 4 horas.
Professor F	Os <i>testbeds</i> FIBRE, GldLab e o ambiente PlanetLab foram utilizados em disciplinas de graduação e pós-graduação, além de treinamento pontual em algum projeto. A motivação principal foi a escalabilidade e disponibilidade de recursos. Sempre foram conduzidos por meio de roteiros oferecidos pelo professor aos envolvidos nas práticas. Como avaliação, somente o resultado e entendimento do processo era relevante. A carga horária varia para a atividade, mas em geral toma cerca de 4h. Os participantes sempre deram retorno positivo após as práticas, visualizando aplicação do conhecimento em seus trabalhos no	O entrevistado indica ter utilizado diferentes <i>testbeds</i> em variadas situações (componente de graduação, pós-graduação e treinamento pontual), sempre tendo como motivação a escalabilidade de recursos fornecida pelos ambientes. Destaca que a carga horária dos cursos variava conforme a atividade, durando em média 4h, e que sempre era fornecido um roteiro de laboratório ao professor, já a avaliação ocorria por

	futuro. Porém, é bastante comum a reclamação da indisponibilidade das plataformas e curva de aprendizado para iniciar a utilização dos <i>testbeds</i> .	meio do entendimento do processo da atividade. Relata que os alunos sempre deram retorno positivo às atividades, porém, questionavam a disponibilidade das plataformas e a curva de aprendizado para uso do <i>testbed</i> .
--	--	--

Análise das compreensões informadas na categoria Avaliação

Respostas à pergunta: “Você avaliou a sua experiência? Se sim, informe como fez.”

Participante	Resposta	Contribuições
Professor A	Não. Os discentes avaliaram.	O entrevistado informa que a experiência não foi avaliada por ele, mas que os alunos avaliaram, porém, não indica de qual maneira.
Professor B	Sim, fizemos um questionário para os alunos com perguntas sobre os docentes, monitores, material, etc. Além disso, fizemos uma reunião de lições aprendidas com a equipe ao final do curso. Por fim, escrevemos um relatório sobre a experiência no formato de artigo	O entrevistado indica que os alunos avaliaram por meio de questionário, além de ter sido feita uma reunião de lições aprendidas com toda a equipe envolvida no desenvolvimento do curso, bem como um relatório na forma de artigo.
Professor C	Não	O entrevistado indica não ter havido avaliação.
Professor D	Não formalmente. Ao final do curso, eu e os outros dois instrutores fizemos uma reunião de análise da experiência.	O entrevistado indica ter sido feita uma reunião de análise da experiência, porém, de forma informal.
Professor E	Não.	O entrevistado indica não ter havido avaliação.
Professor F	Por meio de questionário aos alunos no fim do curso	O entrevistado indica que os alunos avaliaram por meio de questionários aplicados ao final do curso, porém não indica o que foi avaliado.

Análise das compreensões informadas na categoria Tecnológica

Respostas à pergunta: “Em algum momento você precisou adaptar o plano da sua aula por conta das imprevisibilidades do ambiente? Em caso afirmativo, relate o que aconteceu e o que você fez.”

Participante	Resposta	Contribuições
Professor A	Sim. Em alguns momentos houveram problemas no	O entrevistado informa ter havido

	<i>testbed</i> , mas utilizamos esses momentos para ensinar os alunos. Então eles participaram do processo de investigação e solução do problema. No entanto, isso só foi possível pois tínhamos permissões para acessar a infraestrutura do <i>testbed</i> e fazer alterações em nível gerencial. Um docente comum sem essas permissões e sem o conhecimento das aplicações usadas no <i>testbed</i> não conseguiria fazer isso.	falhas no <i>testbed</i> e que os próprios alunos ajudaram a investigar e solucionar os problemas, relatou ainda, que isso só foi possível, pois enquanto professores, vinculados ao projeto, possuíam permissões para acessar a infraestrutura do <i>testbed</i> e fazer alterações em nível gerencial, porém, destaca que essas permissões não são comuns a qualquer professor que utilize o <i>testbed</i> .
Professor B	Sim, como relatado em uma questão anterior muitas vezes o <i>testbed</i> não funcionava e era necessário adaptar a aula. muitas vezes explorando o próprio erro do <i>testbed</i> pra discutir técnicas de troubleshooting, muitas vezes antecipando a aula seguinte	O entrevistado indica que devido às falhas do ambiente, muitas vezes adaptava a aula, explorando o erro acontecido para discutir técnicas de <i>troubleshooting</i> .
Professor C	Sim. Havia instabilidade no sistema.	O entrevistado indica que havia instabilidade no sistema, mas não relata como fez para solucioná-las.
Professor D	O material estava planejado para uso do Fibre, com uma opção para uso de uma versão simplificada usando Mininet localmente, caso um problema maior aparecesse. Pela natureza do evento, (SCI da RNP) havia uma atenção especial com relação a toda a infraestrutura para evitar problemas maiores.	O entrevistado indica que devido a natureza do evento (SCI da RNP) havia toda uma atenção com a infraestrutura do <i>testbed</i> , mas que se mesmo assim, um problema que não fosse rapidamente solucionado surgisse, usaria como alternativa, uma versão simplificada do Mininet para seguir com o curso.
Professor E	Houve dificuldade por causa da limitação dos tipos de SO que podiam ser usados (apenas um Debian antigo na época). Isso acabou dificultando a instalação de algumas ferramentas do LISP. O uso do <i>testbed</i> foi bastante limitado.	O entrevistado indica que houveram dificuldades para instalar ferramentas do LISP devido a limitação no uso do SO (permitido apenas Debian antigo), limitando assim, o uso do <i>testbed</i> .
Professor F	Sim. O calendário teve que ser dilatado para solucionar problemas com as praticas	O entrevistado indica ter havido falhas e que para solucionar problemas com as práticas no <i>testbed</i> , foi preciso dilatar o calendário do curso.

Respostas à pergunta: “Em sua opinião, qual a maior dificuldade em elaborar e avaliar cursos que utilizam *testbeds* como ambiente de ensino-aprendizagem de Redes de Computadores?”

Participante	Resposta	Contribuições
Professor A	Na elaboração, acredito que a maior dificuldade é que o docente tem que ter um conhecimento mais avançado sobre o <i>testbed</i> e as funções disponíveis,	O entrevistado indica que a principal dificuldade para elaborar os cursos, é possuir um conhecimento avançado

	<p>para saber o que pode utilizar. Além disso, considero que o maior desafio do ponto de vista de elaboração é conseguir conciliar o tempo do desenvolvimento das atividades teóricas e práticas, uma vez que geralmente algumas disciplinas, como redes de computadores, tem uma ementa bem abrangente para ser trabalhada em pouco tempo.</p> <p>Do ponto de vista de avaliação, acredito que a maior dificuldade seja identificar mecanismos capazes de realizar uma avaliação processual, que inclua não apenas a aprendizagem do conteúdo teórico mas também as diferentes habilidades desenvolvidas no curso, como capacidade de resolver problemas.</p>	<p>sobre o <i>testbed</i> e suas funções, assim como, conciliar o tempo da aula teórica com a aula prática.</p> <p>Já no quesito avaliação, o sujeito indica que a principal dificuldade é identificar os mecanismos que permita realizar uma avaliação processual que inclua além da aprendizagem em si, as habilidades que foram desenvolvidas.</p>
Professor B	ausência de metodologias apropriadas; instabilidade do <i>testbed</i>	O entrevistado indica que as principais dificuldades são: ausência de metodologias e instabilidade do <i>testbed</i> , porém não difere qual se refere a desenvolvimento e qual se refere à avaliação.
Professor C	Falta de divulgação e oportunidades para as IEFES que não integram o projeto.	O entrevistado indica que a falta de divulgação para instituições que não integram o projeto é a maior dificuldade encontrada.
Professor D	O planejamento de experimentos e a configuração do <i>testbed</i> para que atenda aos objetivos de cada prática.	O entrevistado indica que planejar os experimentos e configurar o <i>testbed</i> são as principais dificuldades encontradas.
Professor E	Muitas vezes a configuração do <i>testbed</i>	O entrevistado indica a configuração do <i>testbed</i> como principal dificuldade.
Professor F	Normalmente geramos tutoriais no estilo "how to", o que pode fazer com que o discente copie e cole apenas, sem desenvolver senso crítico. É necessário introduzir práticas intermediárias para justificar o conhecimento adquirido	O entrevistado acredita que os tutoriais produzidos podem contribuir para o não desenvolvimento do senso crítico, uma vez que são do tipo "how to".