

POLITÉCNICO DO PORTO
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

U=RI solve Academy

Caminhos para uma aprendizagem autónoma

Ana Cristina Branco Jorge Castedo

LEEC

Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Julho, 2023

*Este relatório satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha de
Unidade Curricular de Projeto/Estágio, do 3º ano, da Licenciatura em
Engenharia Eletrotécnica e de Computadores.*

Candidato: Ana Cristina Branco Jorge Castedo, N.º 1171363,
1171363@isep.ipp.pt

Orientação Científica: Professor Mário Alves, mja@isep.ipp.pt

Coorientação Científica: Professor André Rocha, anr@isep.ipp.pt



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA
Instituto Superior de Engenharia do Porto
Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto

Julho, 2023

Agradecimentos

Gostaria de expressar a minha profunda gratidão pelo apoio imprescindível que recebi ao longo deste projeto, que marca o desfecho de uma empreitada maior. A par da fundamental e incontornável ajuda de todos os meus colegas e professores envolvidos no teste da plataforma, não poderia apresentar este projeto sem a incansável colaboração, o apoio constante, o inigualável conhecimento científico e toda a dimensão humana do Professor Mário Alves e do Professor André Rocha. Pelas várias horas de conversa, pelos valiosos conselhos e pela confiança depositada em mim, desejo reiterar o meu mais sincero obrigado.

Resumo

A criação de um programa que permita aos estudantes identificar, compreender e corrigir os seus erros, contribuindo para o seu sucesso, tornou-se uma exigência fundamental na área da Educação e na necessidade de promover a autonomia no Ensino. Num mundo onde se espera que os trabalhadores sejam competitivos e possuam habilidades de adaptação cognitiva excepcionais, um programa que promova a autonomização do estudo e o pensamento crítico torna-se essencial.

O presente projeto tem como objetivo desenvolver uma plataforma de aprendizagem que proporcione aos estudantes uma experiência interativa e enriquecedora, permitindo-lhes explorar conceitos complexos de forma autónoma, incorporando o simulador U=RI solve e adicionando uma componente de treino autónomo.

Através do simulador U=RI solve, os alunos poderão simular circuitos eléctricos, experimentar diferentes abordagens de resolução e observar os resultados de forma imediata, compreendendo melhor os princípios subjacentes à análise de circuitos e desenvolvendo competências práticas.

Além disso, o treino autónomo permitirá aos alunos aprofundar os seus conhecimentos e testar as suas capacidades em diferentes áreas temáticas. Serão disponibilizados exercícios que os desafiarão a aplicar os conceitos aprendidos, incentivando o pensamento crítico e a resolução de problemas. Através de *feedback* personalizado, os estudantes terão a oportunidade de corrigir eventuais erros e aprimorar as suas competências ao seu próprio ritmo. Neste contexto, a plataforma utilizará, ainda, elementos de gamificação, considerando que estes proporcionarão uma experiência divertida e estimulante, incentivando a participação ativa dos estudantes e reforçando a sua motivação para aprender.

Em conclusão, este projeto visa desenvolver uma plataforma de aprendizagem inovadora, capacitando os estudantes a aprofundar os seus conhecimentos em resolução de circuitos, promovendo a autonomia no estudo, o pensamento crítico e o desenvolvimento de competências práticas, contribuindo significativamente para o sucesso, preparando-os para os desafios do mundo profissional e estimulando o seu gosto pelo conhecimento e pela aprendizagem contínua.

Palavras-Chave: Eletrotécnica, Circuitos Eléctricos, Métodos de Análise, Ensino, Estudo autónomo, Gamificação

Abstract

The creation of a program that allows students to identify, understand, and correct their errors, contributing to their success, has become a fundamental requirement in the field of Education and the need to promote autonomy in teaching. In a world where workers are expected to be competitive and possess exceptional cognitive adaptation skills, a program that promotes the autonomy of studying and critical thinking becomes essential.

The present project aims to develop a learning platform that provides students with an interactive and enriching experience, allowing them to explore complex concepts autonomously. It incorporates the U=RI solve simulator and adds a self-training component.

Through the U=RI solve simulator, students will be able to simulate electrical circuits, experiment with different resolution approaches, and observe immediate results, gaining a better understanding of the underlying principles of circuit analysis and developing practical skills.

Furthermore, the self-training component will enable students to deepen their knowledge and test their abilities in different thematic areas. They will be provided with exercises that challenge them to apply the learned concepts, encouraging critical thinking and problem-solving. Through personalized feedback, students will have the opportunity to correct any errors and enhance their skills at their own pace. In this context, the platform will also incorporate gamification elements, as they will provide a fun and stimulating experience, encouraging active participation of students and reinforcing their motivation to learn.

In conclusion, this project aims to develop an innovative learning platform, empowering students to deepen their knowledge in circuit resolution, promoting autonomy in studying, critical thinking, and the development of practical skills. It significantly contributes to success, prepares students for the challenges of the professional world, and stimulates their passion for knowledge and lifelong learning.

Keywords: Electrotechnics, Electrical Circuits, Analysis Methods, Teaching, Self-study, Gamification.

Índice

Lista de Figuras	vii
Listagens	ix
Lista de Acrónimos	xi
1 Introdução	1
1.1 Identificação do Problema e Contextualização	2
1.2 Objetivos	4
1.3 Abordagem e Calendarização	5
1.4 Contribuições	6
1.5 Organização do Relatório	6
2 Estado da Arte	9
2.1 Simuladores de Circuitos Elétricos	9
2.1.1 QUCS	10
2.1.2 PSpice	10
2.1.3 LTspice	10
2.1.4 Multisim	11
2.1.5 SPICE	11
2.1.6 TINA (TINA-TI)	11
2.2 Plataformas de Aprendizagem Online	12
2.2.1 Khan Academy	12
2.2.2 Wolfram	12
2.2.3 Coursera	13
2.2.4 edX	13
2.2.5 Udemy	13
2.2.6 Udacity	14
2.3 Ferramentas CAL	14
2.3.1 Circuit Tutor	14
2.3.2 U=RIolve	15
2.4 Análise Comparativa	15

3	Conceitos Teóricos	19
3.1	Elementos base de um circuito	20
3.1.1	Ramo de um circuito	20
3.1.2	Nó de um circuito	20
3.1.3	Malha de um circuito	20
3.2	Leis de Kirchhoff	20
3.3	MTN	21
3.4	MCR	23
3.5	MCM	24
3.6	Modelo MVC	24
4	Desenvolvimento do Projeto	27
4.1	U=RIolve Academy	28
4.2	<i>Refactor</i> do código Método da Tensão nos Nós (MTN)	30
4.3	Funções relevantes	32
4.3.1	Conexão à base de dados	32
4.3.2	<i>Templates</i> para as questões	33
4.3.3	Estrutura de dados	39
5	Perspetivas de Utilização	41
5.1	Módulo Treino na Ótica do Utilizador/Aluno	41
5.1.1	Treino por Métodos de Análise	42
5.1.2	Treino por Temas	43
5.1.3	Treino Aleatório	45
5.1.4	Exemplo de <i>feedback</i> de respostas, Sistema de Pontuação e Extras	45
5.2	Treino na Ótica do Administrador/Professor	48
5.2.1	Listagem de <i>Quizzes</i>	48
5.2.2	Criação/Edição de <i>quizzes</i>	49
5.2.3	Facilidades Admin implementadas	51
5.3	Testes e <i>Feedback</i> dos <i>Beta Testers</i>	53
6	Considerações Finais	55
6.1	Conclusões sobre o Desenvolvimento do Projeto	55
6.2	Perspetivas de Trabalho Futuro	56
	Referências	57
	Anexo A Guia de Utilização do Simulador U=RIolve	61
A.1	Simulador U=RIolve	61

Lista de Figuras

1.1	Taxonomia de erros	3
1.2	Metodologias Ativas [2]	4
1.3	Diagrama de Gantt	5
4.1	Fluxograma com <i>refactor</i> do algoritmo Método da Tensão nos Nós (MTN)	31
4.2	Fluxograma do <i>template</i> geral da página de questões	34
4.3	Fluxograma do <i>template</i> da apresentação de cada função	35
4.4	Fluxograma da página de edição de administrador	37
4.5	Estrutura de dados da base de dados	39
5.1	Página inicial com opções do módulo de Treino abertas	42
5.2	Treino por Métodos de Análise	43
5.4	Estudo Aleatório	45
5.5	Resposta Certa	46
5.6	Resposta Errada	46
5.7	Imagem e <i>Netlist</i> disponíveis para <i>download</i>	47
5.8	Página Inicial com Ferramentas Admin no menu lateral	48
5.9	Listagem de <i>quizzes</i>	49
5.10	Módulo de criação de <i>Quiz</i>	50
5.11	Edição do <i>Quiz</i>	51
5.12	Menu de seleção de <i>Quiz</i>	52
5.13	Opção de Edição em cada pergunta	52
A.1	<i>Netlist</i> e Imagem carregadas	62

Listagens

4.1	Pseudocódigo da conexão com a base de dados	33
4.2	Exemplo de JSON	39

Lista de Acrónimos

AC	Corrente Alternada
AM	Aprendizagem Máquina
CAL	<i>Computer Aided Learning</i>
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
DC	Corrente Contínua
FEELE	Fundamentos da Engenharia Eletrotécnica
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
MCM	Método da Corrente nas Malhas
MCR	Método da Corrente nos Ramos
MTN	Método da Tensão nos Nós
MVC	Modelo-Visão-Controlador
mySQL	<i>Structured Query Language</i>
PDF	<i>Portable Document Format</i>
PHP	<i>Hypertext Preprocessor</i>
QUCS	<i>Quite Universal Circuit Simulator</i>
SISTCA	Sistemas Computacionais Avançados
TCIRC	Teoria dos Circuitos

Capítulo 1

Introdução

Os métodos educativos implementados ao longo dos séculos (em Portugal e no Mundo) têm vindo a ser ajustados por exigências de performatividade.[1] Atualmente, espera-se que a educação permita a obtenção de conhecimentos e de capacidades de forma fiável, eficaz e, preferencialmente, rápida.

No caso particular da área de Eletrotécnica, espera-se que um estudante, no seu estágio inicial, seja capaz de analisar circuitos (progressivamente mais complexos), identificando elementos base e sendo capaz de resolver os mesmos. A resolução de circuitos, isto é, determinação das correntes e das tensões, é possível a partir da aplicação de alguns métodos principais: Método da Tensão nos Nós (MTN), Método da Corrente nas Malhas (MCM) e Método da Corrente nos Ramos (MCR). Apesar de seguirem estratégias diferentes, estes métodos partilham princípios de análise e etapas que são fundamentais para a correta resolução dos circuitos, nomeadamente, a determinação do número de nós, do número de ramos e do número de equações, apoiando-se nas noções de divisores de tensão e de corrente, processos de transformação (nomeadamente, Série, Paralelo, Transformação Estrela-Triângulo e Triângulo-Estrela), Leis de Kirchhoff dos Nós e das Malhas e Lei de Ohm. Torna-se, assim, imperativo garantir que os alunos são capazes de percorrer as etapas iniciais de forma eficaz e consistente.

Uma análise preliminar (aprofundada neste projeto) sugeria que uma percentagem significativa de alunos tem dificuldade na identificação dos nós e dos ramos, comprometendo, *ab initio*, o sucesso da resolução do circuito. Apesar de existirem

vários programas que permitem aos alunos a inserção de um circuito e a obtenção instantânea dos resultados, são menos comuns os que conseguem identificar as etapas percorridas. Serão ainda mais raros os programas que, numa lógica de auto-aprendizagem de metodologia ativa, tornam o aluno o protagonista e que, ajustando-se ao seu perfil, utilizam a tecnologia para que este entenda as suas dificuldades e construa conhecimento com base nos seus erros e em caminhos de raciocínio sugeridos pelo programa.

1.1 Identificação do Problema e Contextualização

A investigação preliminar, que permitiu estabelecer claramente o objetivo deste projeto e justificar a sua relevância, consistiu no estudo de 217 exames referentes às avaliações normais e de recurso da disciplina de Fundamentos da Engenharia Eletrotécnica (FEELE) no ano de 2018, bem como de 170 exames relativos à avaliação intermédia da disciplina de Teoria dos Circuitos (TCIRC) no ano de 2021, entre outras análises a outros elementos de avaliação.

A partir de uma análise global inicial dos erros cometidos pelos alunos, foram identificadas áreas em que revelam dificuldades específicas. É importante salientar que, embora os valores apresentados sejam significativos, é necessário realizar estudos mais aprofundados, examinando as respostas dos alunos ao longo dos semestres. Acrescenta-se que, ao cometerem erros em cálculos básicos de circuitos, como o número de nós, ramos e equações, as outras áreas de avaliação são automaticamente afetadas. Com base nessas variáveis, as percentagens apresentadas são as médias obtidas a partir dos dois estudos realizados, referentes apenas aos erros relacionados a nós, ramos, número de equações e malhas. As percentagens de erro relacionadas à determinação de correntes e tensões serão, consequentemente, superiores às percentagens agora apresentadas. Destacam-se, assim, algumas áreas e as respetivas percentagens que consideramos mais relevantes para o insucesso dos alunos nas disciplinas de FEELE e TCIRC.

Em 2018, de um total de 217 alunos, aproximadamente 43% cometeram erros na determinação de nós, ramos e/ou equações.

Em 2021, de um total de 170 alunos, cerca de 55% apresentaram erros nas mesmas áreas mencionadas em 2018 (determinação de nós, ramos e/ou equações).

Ao realizar uma média ponderada dos resultados desses dois anos, podemos afirmar que aproximadamente metade dos alunos enfrentaram dificuldades nos conceitos básicos de resolução de circuitos. Face ao exposto, é fundamental promover alternativas educacionais que possam complementar o trabalho já realizado no contexto académico curricular.

A partir desta pesquisa, foi possível identificar um conjunto de erros típicos que foram fundamentais para a criação de uma taxonomia de erros e que se apresentam, de seguida, na Figura 1.1.

Erros de Base			Lei de Ohm
			Equivalência de Resistências
			Equivalência de Fontes
	Nós		Nós redundantes
			Nós não identificados
			Nós identificados incorretamente
	Ramos		Ramos redundantes
			Ramos não identificados
	Malhas	Malhas não identificadas	Malhas Redundantes
			Malhas com fontes de corrente
Outras			
Malhas identificadas incorretamente			
			Erros de Cálculos
Identificação do número de equações			Aplicação incorreta da fórmula de determinação do número de equações
			Não identificação de fontes isoladas
Definição das Equações			Erros nos sentidos das fontes ou correntes
			Erros por excesso
			Erros por defeito
MTN			Erro na escolha do nó de referência
MCR			Escolha das Malhas MCR
MCM			Escolha das Malhas MCM
			Soma das Correntes

Figura 1.1: Taxonomia de erros

No projeto agora apresentado, tendo por base uma aplicação de relevância já reconhecida (U=RIsolve[2][3]) que identifica todos os passos a serem percorridos pelo estudante, de acordo com o método de análise selecionado, explora-se a implementação de soluções interativas que permitem ao aluno identificar as etapas e compreender as suas falhas.

Em suma, procurou-se complementar a aplicação com uma nova opção que permitisse interações faseadas (em etapas de resolução) por parte do estudante, ajustando a ajuda prestada ao aluno ao perfil individual e promovendo, assim, uma construção de conhecimento mais adaptativa e dinâmica.

São várias as metodologias ativas que, hoje em dia, estão em destaque. Concretizando, a aprendizagem baseada em problemas, aprendizagem baseada em projetos, aprendizagem em equipa, aprendizagem entre pares, estudos de caso e gamificação são metodologias que procuram tornar o estudante o centro da produção de conhecimentos (figura 1.2).

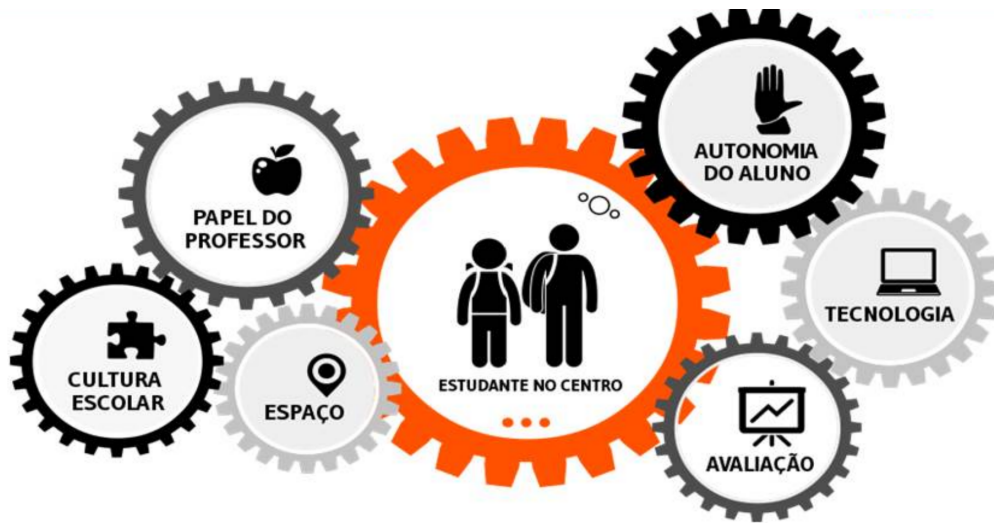


Figura 1.2: Metodologias Ativas [2]

Neste projeto, iremos concentrar-nos na gamificação, que tem como objetivo potencializar os canais digitais e materiais interativos, utilizando as técnicas de jogo (pontuações, níveis de dificuldade e *rankings*). Esta abordagem, que permite que o estudante registre o seu percurso, é extremamente potencializada, se, a par desse registo, for feito um ajuste ao *output* que o estudante recebe, de acordo com o seu percurso individual. Este ajuste, poderá ser realizado, numa fase posterior, com técnicas de Aprendizagem Máquina (AM). As técnicas de AM baseiam-se na construção de algoritmos que conseguem aprender a partir dos erros e, com base nestes, fazer previsões sobre dados. Estes algoritmos constroem um modelo a partir dos *inputs* que os utilizadores dão. Na verdade, para que se construa um modelo robusto, a amostra deverá ser progressivamente mais extensa para que, em sintonia com o ajuste de *outputs* a cada estudante (individualmente), se consiga aperfeiçoar os *outputs* num contexto macro.

1.2 Objetivos

Perante o exposto no ponto anterior, o objetivo principal do projeto é promover o sucesso dos alunos, partindo da aplicação U=RI solve e integrando uma funcionalidade de Treino que permita ao aluno estudar, autonomamente, circuitos selecionados por método, tipo de corrente e dificuldade, características específicas de circuitos (nós, ramos, equações e malhas) ou circuitos aleatórios, explorando um sistema de ajudas personalizado e um sistema de pontuações.

1.3 Abordagem e Calendarização

Para que o objetivo do projeto fosse cumprido, tornou-se fundamental definir tarefas intermédias. Assim, as primeiras tarefas a serem definidas foram:

- Criar uma classificação de erros típicos para posterior codificação;
- Adaptar os *outputs* do programa ao percurso individual de cada estudantes (de acordo com o número de erros e tipo de erros) e, com isso, potencializar a sua aprendizagem;
- Criar um sistema de recolha de informação que sirva de base a um algoritmo de Aprendizagem Máquina.

Para além destas tarefas, ao longo do projeto, tornou-se necessário acrescentar outras por forma a maximizar as potencialidades da aplicação e garantir, igualmente, a coerência da aplicação já existente. Assim, acrescentou-se:

- Criação da “U=RI solve Academy” que permita embeber o simulador U=RI solve já existente [3] e acrescentar a dimensão de aprendizagem autónoma do aluno;
- Criação de uma versão de administrador que permita alimentar a base de dados de perguntas de forma intuitiva e rápida;
- Fazer o *refactor* do algoritmo MTN de forma a uniformizá-lo com os restantes algoritmos que, entretanto, já utilizam um código base comum para o cálculo das variáveis fundamentais do circuito.

No que respeita à calendarização, esta foi criada com apoio de um Diagrama de Gantt (Figura 1.3).

	2021/2022			2023					
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
Estudo de Erros Padrão em Amostras Significativas									
Criação de Taxonomia de Erros									
<i>Refactor</i> do algoritmo MTN									
Criação da página U=RI solve Academy									
Criação do módulo de treino									
Criação do módulo Admin									
Criação da base de dados de perguntas									
Teste Beta									
Elaboração do relatório									

Figura 1.3: Diagrama de Gantt

1.4 Contribuições

Este projeto tem como objetivo contribuir para a melhoria do ensino na área da Eletrotécnica, proporcionando um complemento ao estudo dos alunos nessa disciplina e incentivando o estudo ativo e dinâmico da Eletrotécnica.

Com vista a alcançar o desejado, foram realizadas contribuições concretas, nomeadamente:

- Análise dos erros dos estudantes nos exames e respetiva classificação, criando uma taxonomia de erros;
- Abordagem de alto nível: A abordagem de alto nível procura promover a compreensão profunda de conceitos-chave, o desenvolvimento do pensamento crítico e a aplicação prática do conhecimento em contextos relevantes. Tem como objetivo demarcar-se das abordagens que se limitam à memorização de informações superficiais, focando na construção de uma base sólida de conhecimento e habilidades cognitivas para os alunos;
- Nova GUI (Interface Gráfica do Utilizador): Foi concebida uma interface gráfica intuitiva e interativa para facilitar a navegação e a utilização do material de estudo. Esta nova GUI torna o processo de aprendizagem mais envolvente, permitindo aos alunos explorar os conteúdos de forma interativa e visualmente estimulante;
- Separação em diferentes abordagens/tipos de exercícios para autoaprendizagem: Os exercícios foram organizados em diferentes abordagens, adaptadas às necessidades de aprendizagem dos alunos, tendo sido organizados por métodos de análise com diferentes níveis de dificuldade ou por temas. Estas opções permitem que cada estudante avance ao seu próprio ritmo, escolhendo os exercícios mais adequados ao seu nível de conhecimento.

Estas contribuições específicas visam melhorar a experiência de aprendizagem dos alunos, incentivando o envolvimento ativo com os conteúdos da Eletrotécnica e facilitando a compreensão dos conceitos fundamentais.

1.5 Organização do Relatório

Este relatório, a par dos Agradecimentos, Resumo, Abstract e Bibliografia, está dividido em seis capítulos principais: Introdução, Estado da Arte, Conceitos Teóricos, Desenvolvimento do Projeto, Perspetivas de Utilização e Considerações Finais.

Na Introdução, faz-se uma breve contextualização ao projeto, delineando os seus objetivos, tarefas definidas, calendarização e contribuições pretendidas.

No segundo capítulo, é feita uma revisão de algumas das aplicações mais relevantes e que têm funcionalidades semelhantes às concebidas neste projeto, incluindo uma análise comparativa.

No capítulo 3, Conceitos Teóricos, abordam-se alguns conceitos referentes aos circuitos elétricos que entendemos fundamentais no contexto deste projeto e relatório, nomeadamente, por serem a base para a criação das ajudas/informações dadas aos alunos a cada passo das resoluções autónomas.

O quarto capítulo descreve sucintamente as fases principais deste projeto. Assim, são apresentados os módulo de treino, a página de administrador que permite a alimentação da base de dados, um resumo da necessária adaptação e otimização do algoritmo MTN e, ainda, algumas das funções mais relevantes utilizadas ao longo do desenvolvimento do código.

No que respeita ao quinto capítulo, este aprofunda os primeiros pontos referidos no capítulo quatro, orientando para a perspetiva de utilização de cada uma das funcionalidades exploradas no projeto. Ainda neste capítulo, são referidas as contribuições dos *beta testers*.

Por fim, as Considerações Finais destacam o percurso de aprendizagem realizado, bem como propostas de trabalho futuro.

Capítulo 2

Estado da Arte

Os campos da engenharia eletrotécnica e da educação online estão em constante evolução. Os simuladores de circuitos elétricos e as plataformas de aprendizagem online desempenham um papel vital nesses domínios. Este capítulo tem como objetivo fornecer uma visão abrangente do estado da arte relativamente aos simuladores de circuitos elétricos, incluindo *Quite Universal Circuit Simulator* (QUCS)[4], PSpice[5], LTspice[6], Multisim[7], SPICE[8] e TINA[9]. Também irá explorar plataformas de aprendizagem online, como Khan Academy[10], Wolfram[11], Coursera[12], edX[13], Udemy[14] e Udacity[15]. Acrescentamos ainda a plataforma Circuit Tutor[16] e a aplicação U=RI solve[3], considerando que se podem enquadrar no conceito de ferramentas *Computer Aided Learning* (CAL). Ao examinar e comparar as características dos programas acima referidos, procura-se compreender melhor as suas contribuições para a aprendizagem autónoma da engenharia eletrotécnica.

2.1 Simuladores de Circuitos Elétricos

Os simuladores de circuitos elétricos tornaram-se ferramentas indispensáveis para os alunos de engenharia eletrotécnica, auxiliando no projeto, análise e teste de circuitos complexos. QUCS, PSpice, LTspice, Multisim, SPICE e TINA são simuladores proeminentes, cada um oferecendo características e capacidades únicas.

2.1.1 QUCS

O QUCS, que começou por ser um projeto de pesquisa da Universidade de Ciências Aplicadas de Darmstadt, é um simulador de circuitos elétricos de código aberto que oferece uma interface amigável e amplo suporte para diferentes tipos de circuitos. As principais características do QUCS incluem:

- Suporte para simulação de circuitos lineares e não lineares;
- Otimização de circuitos e extração de parâmetros;
- Ambiente de design integrado para captura de esquemas e visualização de formas de onda;
- Compatibilidade com vários sistemas operativos;
- Ampla gama de bibliotecas de componentes e suporte a modelos;
- Possibilidade de expansão através de *plugins* e modelos definidos pelo utilizador.

2.1.2 PSpice

O PSpice, desenvolvido pela Cadence Design Systems, é um simulador de circuitos comercial amplamente utilizado na indústria. O PSpice oferece as seguintes características:

- Capacidades abrangentes de análise de circuitos, incluindo análise Corrente Alternada (AC), Corrente Contínua (DC) e transitória;
- Opções avançadas de modelagem, incluindo modelagem comportamental e análise de Monte Carlo;
- Integração com ferramentas de captura de esquemas;
- Suporte para simulações mistas complexas de sinais;
- Vasta gama de bibliotecas de componentes e suporte a modelos;
- Capacidades robustas de relatório de erros e depuração.

2.1.3 LTspice

O LTspice, desenvolvido pela Linear Technology (agora parte da Analog Devices), é um simulador de circuitos amplamente utilizado e poderoso, oferecendo uma variedade de recursos, incluindo:

- Simulação rápida e precisa de circuitos lineares e de comutação;

- Captura de esquemas hierárquicos e visualizador de formas de onda;
- Análise de Monte Carlo e capacidades de otimização;
- Suporte a uma variedade de modelos de componentes;
- Opções de simulação personalizáveis e criação de *scripts*.

2.1.4 Multisim

O Multisim, desenvolvido pela National Instruments, é mais um simulador de circuitos amplamente utilizado em ambiente acadêmico e industrial. Os seus recursos incluem:

- Captura de esquemas intuitiva e ambiente de simulação interativa;
- Simulação de circuitos analógicos, digitais e mistos;
- Integrado com a Arquitetura de Software de Instrumentação Virtual (VISA) da NI para integração de hardware;
- Bibliotecas abrangentes de componentes e modelos de dispositivos;
- Ferramentas de medição interativas e análises avançadas.

2.1.5 SPICE

O SPICE (*Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis*), desenvolvido inicialmente no final dos anos 1960 no Electronics Research Laboratory da Universidade da Califórnia, é um programa de simulação de circuitos de propósito geral que serve como base para muitos outros simuladores de circuitos (Pspice e LTspice, por exemplo). Este programa oferece uma variedade de recursos, incluindo:

- Simulação precisa de circuitos analógicos, digitais e mistos;
- Suporte a vários modelos e bibliotecas de componentes;
- Capacidades de análise transiente, AC e DC;
- Otimização e análise de Monte Carlo;
- Integração com ferramentas de captura de esquemas.

2.1.6 TINA (TINA-TI)

O TINA é um simulador de circuitos desenvolvido pela Texas Instruments, destacando-se as seguintes valências:

- Captura de esquemas e ambiente de simulação amigáveis ao usuário;

- Simulação de circuitos analógicos, digitais e mistos;
- Suporte a modelos SPICE e compatibilidade com outros simuladores;
- Instrumentos virtuais para medições interativas e análises;
- Capacidades de otimização e análise de Monte Carlo.

2.2 Plataformas de Aprendizagem Online

A chegada das plataformas de aprendizagem online revolucionou a educação, tornando o conhecimento acessível a um mais amplo público. Algumas das plataformas notáveis neste domínio são Khan Academy, Wolfram, Coursera, edX, Udemy e Udacity.

2.2.1 Khan Academy

A Khan Academy é uma plataforma gratuita de aprendizagem online que abrange uma ampla gama de disciplinas, incluindo matemática, ciências, programação de computadores e engenharia eletrônica. As principais características da Khan Academy incluem:

- Aulas em vídeo interativas com explicações claras;
- Exercícios práticos adaptativos para aprendizagem personalizada;
- Acompanhamento de progresso e conquista de crachás;
- Suporte para vários idiomas.
- Acesso em vários dispositivos, incluindo *smartphones* e *tablets*;
- Extensa biblioteca de conteúdo educacional criado por especialistas.

2.2.2 Wolfram

O Wolfram, desenvolvido pela Wolfram Research, oferece um conjunto abrangente de ferramentas e recursos educativos. Com foco nas áreas da matemática, computação e análise de dados, o Wolfram oferece as seguintes características:

- Acesso *online* à Linguagem Wolfram e ao motor de cálculo Wolfram|Alpha (motor de conhecimento computacional);
- Cadernos interativos para codificação e visualização;
- Demonstrações Wolfram, que fornecem visualizações interativas de vários conceitos matemáticos;

- Integração com a Wolfram Cloud para projetos colaborativos e cálculos remotos.

2.2.3 Coursera

Coursera é uma plataforma de aprendizagem online popular que oferece uma ampla gama de cursos de universidades de renome e instituições educacionais de todo o mundo. De entre as características importantes do Coursera, destacam-se:

- Diversos cursos em várias disciplinas, incluindo engenharia eletrotécnica;
- Aulas em vídeo, questionários e tarefas para aprendizagem interativa;
- Acesso a materiais e recursos do curso;
- Certificados verificados ao concluir;
- Opção de fazer cursos gratuitamente em formato de auditoria (sem certificado final).

2.2.4 edX

edX é outra plataforma de aprendizagem online proeminente que fornece acesso a cursos de alta qualidade de universidades e organizações reconhecidas. Os recursos da edX incluem:

- Oferta de cursos em várias áreas, incluindo engenharia eletrotécnica e disciplinas relacionadas;
- Experiências de aprendizagem interativas por meio de videoaulas, questionários e projetos práticos;
- Opção de obter certificados verificados ou participar de programas de certificação profissional;
- Acesso a materiais e recursos do curso;
- Oportunidades de colaboração por meio de fóruns de discussão e comunidades *online*.

2.2.5 Udemy

Udemy é um mercado online popular na área do ensino. Este oferece uma ampla variedade de cursos, incluindo muitos na área de engenharia eletrotécnica. Das várias características importantes do Udemy, destacam-se:

- Vasta seleção de cursos ministrados por profissionais e especialistas da indústria;

- Aulas em vídeo sob demanda e recursos para download;
- Acesso vitalício aos materiais do curso e atualizações;
- Processo de aprendizagem ao ritmo do aluno, sem horários fixos.
- Certificado de conclusão para os cursos finalizados.

2.2.6 Udacity

Udacity é, à semelhança das plataformas anteriores, uma plataforma de aprendizagem online que oferece cursos focados em tecnologia e competências voltadas para a valorização na carreira. Justifica indicar as seguintes características:

- Programas Nanodegree que oferecem aprendizagem aprofundada baseada em projetos em áreas especializadas, incluindo engenharia eletrotécnica;
- Aulas em vídeo interativas, questionários e exercícios de codificação;
- Projetos práticos e aplicações do mundo real;
- Orientação e *feedback* de profissionais da indústria;
- Assistência na colocação no mercado de trabalho e serviços de carreira para programas selecionados.

2.3 Ferramentas CAL

As ferramentas CAL[17] procuram ir além da simples indicação de resultados finais (estratégia utilizada nos simuladores de circuitos). Ao invés, este tipo de ferramentas tem como objetivos acrescentar uma dimensão didática que permita ao aluno expandir o seu conhecimento, por meio de exercícios, explicações passo a passo, vídeos explicativos, entre outros. Nesse sentido, passamos a analisar duas plataformas que seguem este princípio.

2.3.1 Circuit Tutor

Circuit Tutor é uma plataforma online especializada em tutoriais interativos de eletrotécnica. De entre as funcionalidades que apresenta, destacam-se:

- Ampla gama de materiais educativos que abrangem os conceitos fundamentais da engenharia eletrotécnica;
- Combinação de explicações teóricas com simulações práticas de circuitos para auxiliar os alunos no seu processo de aprendizagem;

- Tutoriais projetados para serem fáceis de entender, com uma linguagem clara e exemplos ilustrativos;
- Instrumentos virtuais para medições interativas e análises.

2.3.2 U=RIolve

A aplicação U=RIolve, desenvolvida por professores e estudantes do ISEP, é um simulador de circuitos que vai além da simples apresentação dos resultados de correntes nos ramos e tensões nos nós. Assim, destacam-se as seguintes valências:

- Análise de circuitos criados pelo utilizador no QUCS;
- Simulação rápida e precisa dos circuitos utilizando um método de análise à escolha (MTN, MCM ou MCR);
- Explicação, passo a passo, da resolução pelo método de análise selecionado;
- Possibilidade de download de relatório da análise (em *JavaScript Object Notation* (JSON) ou *Portable Document Format* (PDF));
- Vídeos explicativos da utilização da plataforma;
- Interface intuitiva e com suporte para telemóvel;
- Código aberto com possibilidade de contribuições por parte da comunidade.

2.4 Análise Comparativa

Embora os simuladores de circuitos elétricos, as plataformas de aprendizagem online e a plataforma U=RIolve tenham diferentes abordagens para a educação e engenharia, existem alguns pontos de comparação que merecem destaque.

1. Complexidade e Curva de Aprendizagem:

Simuladores de circuitos elétricos como QUCS, PSpice, LTspice, Multisim e TINA exigem um sólido entendimento da teoria de circuitos e técnicas de simulação. Os utilizadores precisam de ter conhecimentos de princípios de engenharia eletrotécnica para utilizar eficazmente estes simuladores. Por outro lado, as plataformas de aprendizagem online como Khan Academy, Wolfram, Coursera, edX, Udemy e Udacity fornecem recursos, através da oferta materiais educacionais e cursos, que atendem a estudantes com diferentes níveis de proficiência e de formação. A plataforma U=RIolve é intuitiva e não obriga a conhecimentos prévios de engenharia eletrotécnica. No entanto, para criar o circuito a ser analisado, exige-se que o utilizador saiba como operar com o programa QUCS. A plataforma Circuit Tutor não está acessível ao público geral, pelo que se torna difícil avaliar este campo.

2. Custo e Acessibilidade:

O QUCS, sendo um simulador de código aberto, está disponível gratuitamente, o que o torna acessível a uma ampla gama de utilizadores. PSpice, LTspice, Multisim e TINA têm custos associados à licença ou compra do software (ainda que possam ter versões gratuitas mais simples). No que diz respeito às plataformas de aprendizagem online, Khan Academy e muitos recursos do Wolfram oferecem acesso gratuito ao conteúdo educacional, tornando-o acessível a estudantes em todo o mundo. Coursera, edX, Udemy e Udacity oferecem cursos gratuitos e pagos, permitindo que os estudantes escolham entre acesso gratuito ou opções premium que oferecem benefícios adicionais, como certificação ou materiais de curso mais abrangentes. O Circuit Tutor é gratuito, estando sujeito à aprovação por parte dos professores administradores. No que respeita à plataforma U=RI solve, esta é gratuita, sem necessidade de registo e de código aberto. Sendo uma aplicação online, estará dependente de uma ligação à internet.

3. Foco de Aplicação:

Simuladores de circuitos elétricos, como os referidos anteriormente, têm como público-alvo estudantes e profissionais de engenharia eletrotécnica. Neste sentido, fornecem ferramentas e recursos especializados para análise, projeto e otimização de circuitos. Por outro lado, as plataformas de aprendizagem online como Khan Academy, Wolfram, Coursera, edX, Udemy e Udacity atendem a uma audiência mais ampla. Embora possam oferecer cursos de engenharia eletrotécnica, também abrangem uma ampla gama de outros temas e disciplinas, tornando-os adequados para estudantes de diferentes origens e interesses. O Circuit Tutor, tal como a plataforma U=RI solve, foca-se exclusivamente na área da engenharia eletrotécnica, juntando as valências dos simuladores de circuitos elétricos com as das plataformas de aprendizagem online.

4. Conteúdo do Curso e Experiência de Aprendizagem:

Os simuladores de circuitos elétricos concentram-se em fornecer um ambiente de simulação para o projeto e análise de circuitos. Eles oferecem recursos como captura de esquemas, visualização de formas de onda e capacidades de análise. As plataformas de aprendizagem online como Khan Academy, Wolfram, Coursera e outras oferecem uma variedade de conteúdos do curso, incluindo videoaulas, questionários interativos, tarefas e projetos práticos, oferecendo uma experiência de aprendizagem abrangente, com cursos estruturados, acompanhamento de progresso e oportunidades de colaboração e discussão. Por outro lado, O Circuit Tutor é uma plataforma online especializada em tutoriais interativos de eletrotécnica que combina explicações teóricas com simulações

práticas de circuitos, projetados para serem fáceis de entender, com uma linguagem clara e exemplos ilustrativos. É, portanto, uma ferramenta CAL com propósitos semelhantes às restantes, mas menos abrangente no que respeita à diversidade de áreas. Relativamente à plataforma U=RIolve, esta fornece uma experiência interativa de autoaprendizagem, permitindo que o utilizador selecione/crie o circuito que lhe for mais conveniente e consiga, a partir do simulador, aprender a resolução, passo a passo, do circuito. É, portanto, uma aplicação focada na resolução de circuitos elétricos e na aprendizagem autónoma e dinâmica.

Resumindo, a análise comparativa destaca as diferenças entre simuladores de circuitos elétricos, as plataformas de aprendizagem online e ferramentas CAL. Os simuladores exigem um entendimento mais profundo da teoria de circuitos e atendem especificamente a aplicações de engenharia eletrotécnica. As plataformas de aprendizagem online oferecem uma variedade maior de temas, atendem a estudantes com diferentes níveis de proficiência e proporcionam uma experiência de aprendizagem mais diversificada. No que respeita às ferramentas CAL, o Circuit Tutor combina tutoriais interativos com simulações práticas de circuitos para uma experiência de aprendizagem interativa e a plataforma U=RIolve acaba por preencher as falhas de ambas as abordagens (simuladores de circuitos e plataformas de aprendizagem online), integrando numa única plataforma a parte de simulação com cálculo e também a da autoaprendizagem das metodologias de análise e simplificação de circuitos elétricos. Permite, ainda, a submissão de circuitos, proporcionando uma experiência mais dinâmica e bidirecional.

Perante a análise apresentada, consideramos que a opção de utilização de umas plataformas em detrimento de outras será definida pela necessidade principal do utilizador. Ainda assim, conseguimos identificar uma oportunidade de expandir as funcionalidades da plataforma U=RIolve, colmatando uma das suas lacunas: prática de exercícios com diferentes níveis e abordagens. Nesse sentido, consideramos que a agora apresentada Academia U=RIolve colmatará essa lacuna, acrescentando um módulo de treino com exercícios divididos por temas, métodos de análise e nível de dificuldade.

Capítulo 3

Conceitos Teóricos

O presente capítulo tem como objetivo abordar os conceitos teóricos fundamentais para a resolução de circuitos elétricos, os quais desempenharam um papel crucial no desenvolvimento deste projeto. Estes conceitos estabelecem a base teórica necessária para compreender e analisar os circuitos elétricos, os elementos base de um circuito, as leis de Kirchhoff e os métodos de análise de circuitos. A compreensão destes conceitos teóricos é essencial para a resolução precisa e eficaz de circuitos elétricos.

Além disso, esses conceitos teóricos foram aplicados na criação das ajudas individualizadas deste projeto. Com base nos conhecimentos teóricos adquiridos, foram desenvolvidas estratégias e ferramentas que visam auxiliar os estudantes na resolução de problemas de circuitos elétricos. As ajudas personalizadas fornecem orientação passo a passo e dicas relevantes, permitindo que os alunos apliquem corretamente, numa vertente prática, os conceitos teóricos. Essas ajudas individualizadas foram projetadas com o intuito de promover a compreensão profunda dos conceitos teóricos e melhorar a capacidade dos estudantes de resolver circuitos elétricos de forma autônoma.

Este capítulo apresentará uma revisão resumida dos conceitos teóricos fundamentais para a resolução de circuitos elétricos. Embora o projeto em questão não abranja em detalhe outros conceitos relevantes, como o Teorema da Sobreposição e os Teoremas de Thévenin e Norton, é importante reconhecer a sua importância para a compreensão abrangente desta área. A ênfase será dada aos conceitos essenciais que serviram de base para o desenvolvimento do projeto.

3.1 Elementos base de um circuito

3.1.1 Ramo de um circuito

Em circuitos elétricos, os ramos são os caminhos distintos pelos quais a corrente elétrica flui. Cada ramo é composto por um conjunto de componentes elétricos, como resistências, condensadores ou indutores, conectados em série, delimitados por dois Nós (exceto no caso de circuitos com um único Ramo/Malha e em que não há qualquer Nó)[18].

A análise dos ramos é essencial para compreender como a corrente se distribui ao longo do circuito e como os componentes interagem entre si. Por meio da aplicação das leis de Kirchhoff e das técnicas de análise de circuitos, é possível determinar as correntes e tensões em cada ramo, contribuindo para a análise e projeto de circuitos elétricos.

3.1.2 Nó de um circuito

Nos circuitos elétricos, define-se como nó o ponto de interseção de três ou mais ramos. Isto é, um nó corresponde a qualquer ponto do circuito onde ocorre a interseção de três ou mais fios condutores e em que as correntes se juntam ou se dividem. É, assim, crucial para a análise e descrição do fluxo de corrente num circuito (conferir 3.2).

Cada nó de um circuito elétrico é considerado uma entidade distinta e recebe um potencial de tensão específico em relação a um nó de referência [19].

3.1.3 Malha de um circuito

Define-se como malha um circuito elétrico fechado, composto por ramos, que são delimitados por nós, sem repetição de ramos ou nós. Fazendo a analogia com a teoria dos grafos, uma malha corresponde a um *loop* do tipo simples [19].

3.2 Leis de Kirchhoff

As leis de Kirchhoff consistem em duas regras fundamentais usadas para analisar e resolver circuitos elétricos. São conhecidas como a Lei de Kirchhoff dos Nós e a Lei de Kirchhoff das Malhas [19, 20]. De forma resumida, passamos a explicá-las:

- Lei de Kirchhoff dos Nós: afirma que a soma das correntes que entram num nó num circuito elétrico é igual à soma das correntes que saem desse nó. Por outras palavras, a corrente total que flui para um nó é igual à corrente total que flui para fora desse nó. Este facto é baseado no princípio de conservação da carga elétrica. A equação que representa a lei é: $\sum_i I_i = 0$, onde $\sum_i I_i$

representa a soma de todas as correntes que entram ($I_i > 0$) e saem ($I_i < 0$) de um nó. A soma total das correntes deve ser igual a zero.

- Lei de Kirchhoff das Malhas: afirma que a soma algébrica das diferenças de potencial (ou tensões) numa malha fechada de um circuito elétrico é igual a zero. Ou seja, a soma das quedas de tensão numa malha é igual à soma das elevações de tensão na mesma malha. Esta lei é baseada no princípio de conservação da energia. A equação que representa a lei é: $\sum_i V_i = 0$, onde $\sum_i V_i$ representa a soma de todas as diferenças de potencial (ou tensões) numa malha fechada. A soma total das tensões deve ser igual a zero.

As duas leis são amplamente utilizadas na análise de circuitos elétricos para determinar correntes e tensões em componentes específicos do circuito, sendo considerados conceitos básicos para a resolução de circuitos.

3.3 MTN

O Método de Tensão nos Nós, também conhecido como método dos nós ou método das tensões nodais, é uma técnica de análise de circuitos elétricos baseada na aplicação da Lei de Kirchhoff dos Nós.

Este método é utilizado para determinar as tensões em cada nó de um circuito elétrico, usando variáveis de tensão desconhecidas. Atribuem-se potenciais nodais desconhecidos para cada nó do circuito, exceto o nó de referência, e, em seguida, escreve-se uma equação de corrente para cada nó, com base na Lei de Kirchhoff dos Nós.

Os passos básicos para aplicar o método de tensão nos nós são os seguintes [20]:

1. Identificar todos os nós (N) do circuito;
2. Identificar as fontes de tensão isoladas (T) e calcular o número S de equações dos nós necessárias, dado por $S = N - 1 - T$;
3. Escolher um nó como o nó de referência. (Geralmente, é selecionado o nó com o maior número de conexões);
4. Atribuir uma variável de tensão desconhecida para cada nó, exceto o nó de referência. (Essas variáveis representarão os potenciais nodais em relação ao nó de referência);
5. Aplicar a Lei dos Nós de Kirchhoff, escrevendo uma equação de corrente para cada nó;
6. Substituir as variáveis de tensão desconhecidas nas equações dos nós pelos valores das tensões conhecidas, como fontes de tensão;

7. Resolver o sistema de equações lineares. A resolução pode ser feita usando métodos algébricos ou matriciais, como o método de eliminação de Gauss-Jordan ou regras de Cramer;
8. Calcular as tensões nos nós, depois de resolver o sistema de equações. Obter-se-ão os valores das tensões desconhecidas em cada nó em relação ao nó de referência.

O MTN é útil para analisar circuitos complexos, especialmente aqueles com várias fontes de tensão ou corrente. Ele permite determinar as tensões em cada nó, o que é fundamental para calcular as correntes e potências em componentes específicos do circuito.

Se este método for utilizado com a técnica de super nós, os passos básicos permanecem os mesmos, mas são necessárias algumas modificações pontuais. O uso de super nós é uma técnica que agrupa nós adjacentes em um único nó para simplificar a análise do circuito. Aqui estão os passos para aplicar o método de tensão nos nós com super nós:

1. Identificar todos os nós do circuito e agrupar aqueles que podem ser combinados num super nó. (Os super nós são constituídos por grupos de nós separados apenas por fontes de tensão isoladas);
2. Escolher um nó de referência para o circuito. (Normalmente, o nó de referência é selecionado fora dos super nós);
3. Atribuir variáveis de tensão desconhecida aos super nós. (Essas variáveis representarão os potenciais nodais em relação ao nó de referência);
4. Aplicar a Lei de Kirchhoff dos Nós, escrevendo uma equação de corrente para cada nó e super nó. (As equações dos nós não pertencentes aos super nós permanecem as mesmas, enquanto as equações dos super nós consideram a soma das correntes que entram e saem dos nós agrupados);
5. Substituir as variáveis de tensão desconhecidas nas equações dos nós e super nós pelos valores das tensões conhecidas, como fontes de tensão;
6. Resolver o sistema de equações lineares, considerando as equações dos nós e super nós. A resolução pode ser feita, usando métodos algébricos ou matriciais, como o método de eliminação de Gauss-Jordan ou regras de Cramer;
7. Calcular as tensões nos nós, depois de resolver o sistema de equações. Obter-se-ão os valores das tensões desconhecidas em cada nó em relação ao nó de referência, incluindo os super nós.

Recorda-se que o uso de super nós simplifica a análise do circuito, reduzindo o número de equações necessárias. Esta técnica pode ser especialmente útil em circuitos complexos com muitos elementos interconectados e com fontes isoladas de tensão.

3.4 MCR

O Método da Corrente nos Ramos [20] é uma técnica de análise de circuitos elétricos baseada na aplicação das duas leis de Kirchhoff.

Este método é utilizado para determinar as correntes em cada ramo de um circuito elétrico, usando variáveis de corrente desconhecidas. A ideia é atribuir correntes desconhecidas para cada malha fechada do circuito, e, em seguida, escrever uma equação de corrente para cada malha.

Os passos básicos para aplicar o método de corrente nos ramos são os seguintes:

1. Contar e identificar os ramos (R) e nós (N) do circuito e, com base nestes, calcular o número de malhas (M) necessárias, com base em $M = R - C - (N - 1)$, sendo C o número de fontes ideais de correntes ou correntes conhecidas. (Uma malha é um caminho fechado que não passa por nenhum nó duas vezes);
2. Atribuir uma variável de corrente desconhecida para cada malha fechada. (Essas variáveis representarão as correntes que fluem em cada malha);
3. Aplicar a Lei de Kirchhoff dos Nós, escrevendo uma equação para cada nó (excluindo um);
4. Aplicar a Lei de Kirchhoff da Malhas, escrevendo uma equação para cada malha;
5. Resolver o sistema de equações lineares;
6. Depois de resolver o sistema de equações, calcular os valores das correntes desconhecidas em cada malha. (Essas correntes correspondem às correntes em cada ramo do circuito).

O MCR é útil para analisar circuitos complexos, especialmente aqueles com várias fontes de tensão ou corrente. Ele permite determinar as correntes em cada ramo, o que é fundamental para calcular as tensões e potências em componentes específicos do circuito. No entanto, dado que o número de incógnitas é igual ao número de ramos, não é um método adequado para circuitos com muitos ramos [20].

3.5 MCM

O Método das Correntes nas Malhas [20], também conhecido como Método das Malhas, é uma técnica de análise de circuitos elétricos que utiliza a Lei de Kirchhoff das Malhas para determinar as correntes em cada malha fechada do circuito.

O método é particularmente útil para analisar circuitos com múltiplas fontes de tensão e várias malhas interconectadas. De forma resumida, consiste na atribuição de correntes desconhecidas a cada malha e, em seguida, a aplicação da Lei de Kirchhoff das Malhas para escrever equações de tensão para cada malha.

Os passos básicos para aplicar o método das correntes nas malhas são os seguintes:

1. Contar e identificar os ramos (R) e nós (N) do circuito e, com base nestes, calcular o número de malhas fictícias (M) necessárias, com base em $M = R - C - (N - 1)$, sendo C o número de fontes ideais de correntes ou correntes conhecidas. (Uma malha é um caminho fechado que não passa por nenhum nó duas vezes);
2. Selecionar e marcar C Malhas Auxiliares, cada uma delas passando numa única fonte de corrente (ou ramo cuja corrente seja conhecida), atribuindo à corrente da malha o valor da fonte de corrente e, preferencialmente, o seu sentido;
3. Atribuir uma variável de corrente desconhecida para cada malha fechada. (Essas variáveis representarão as correntes que fluem em cada malha);
4. Escrever uma equação de tensões para cada malha, com base na Lei de Kirchhoff das Malhas;
5. Resolver o sistema de equações lineares;
6. Calcular as correntes nas malhas, depois de resolver o sistema de equações.

O MCM permite determinar as correntes em cada malha fechada do circuito, o que é fundamental para calcular as tensões e potências em componentes específicos do circuito. É uma técnica eficiente para analisar circuitos complexos com várias fontes de tensão e várias malhas interconectadas.

3.6 Modelo MVC

O Modelo-Visão-Controlador (MVC) é um padrão arquitetural amplamente utilizado no desenvolvimento de *software*. Este padrão tem como objetivo separar as diferentes responsabilidades de uma aplicação em três componentes principais: o Modelo, a Visão e o Controlador [21].

O Modelo representa a camada de dados da aplicação. Esta camada encapsula a lógica de negócio, bem como a interação com o banco de dados ou qualquer outra fonte de informação. O Modelo é responsável por manipular os dados e fornecer as funcionalidades necessárias para que a aplicação funcione corretamente.

A Visão é responsável pela apresentação dos dados ao utilizador, definindo a interface gráfica através da qual o utilizador interage com a aplicação. A Visão exibe os dados do Modelo e permite que o usuário interaja com eles, por exemplo, através de formulários, botões e outros elementos visuais.

O Controlador atua como intermediário entre o Modelo e a Visão. Este recebe as entradas do utilizador através da Visão e processa-las, interagindo com o Modelo para obter ou modificar os dados conforme necessário. O Controlador também atualiza a Visão para refletir quaisquer alterações nos dados.

A separação dessas responsabilidades em componentes distintos traz vários benefícios. Por um lado, torna o código mais organizado e modular, facilitando a manutenção e a evolução da aplicação. Além disso, o uso do MVC promove a reutilização de código, uma vez que os componentes podem ser substituídos ou estendidos independentemente uns dos outros.

Em resumo, o modelo MVC é uma abordagem arquitetural que procura separar as preocupações de uma aplicação, dividindo-a em três componentes principais: o Modelo, a Visão e o Controlador. Essa separação promove a organização, a reutilização de código e facilita a manutenção e evolução do *software*.

Capítulo 4

Desenvolvimento do Projeto

O presente capítulo apresenta uma visão geral do trabalho realizado ao longo deste projeto, a partir da identificação do problema e da criação da taxonomia de erros.

Com base na taxonomia de erros desenvolvida, o projeto prosseguiu para a fase seguinte que consistiu na elaboração e implementação de uma plataforma educativa, aprimorando a já funcional e importante aplicação U=RIolve [3]. O programa foi concebido com o intuito de proporcionar aos alunos a oportunidade de estudarem de forma autónoma, fornecendo-lhes um ambiente de aprendizagem personalizado e interativo. Neste contexto, foram desenvolvidos recursos educacionais, como exercícios práticos, ajudas personalizadas e *feedback* de progresso, todos voltados para abordar os erros mais recorrentes identificados no pré-estudo.

Além disso, a plataforma U=RIolve Academy foi projetada com o intuito de permitir aos alunos identificar e corrigir muitos dos erros cometidos durante o processo de aprendizagem, fornecendo ajudas (ao invés de identificar a resposta correta) e esperando que o aluno seja capaz de construir o seu conhecimento. Esta abordagem tem como objetivo promover a autossuficiência dos estudantes, incentivando-os a aprender com os seus erros e a desenvolver uma compreensão sólida dos conceitos abordados. De seguida, identificamos cada uma das etapas mais importantes do projeto.

4.1 U=RIolve Academy

A U=RIolve Academy[22] surge com base na aplicação U=RIolve [3] que, por sua vez, já sofreu várias alterações ao longo do tempo. Essa aplicação tem como principal objetivo permitir que um aluno possa inserir as informações de um qualquer circuito (a partir de um ficheiro de texto - *netlist* - produzido pelo programa QUCS e que resume as características essenciais de um circuito e, opcionalmente, da imagem do circuito) e obtenha uma resolução do circuito passo a passo. Tanto esteticamente como em termos de otimização dos algoritmos de resolução de circuitos, o programa evoluiu muito.

A U=RIolve Academy quebra a linha de evolução realizada até agora, criando uma plataforma com um potencial muito mais abrangente e, até, escalável. Assim, a plataforma rompe com a estética típica da aplicação original, embebendo toda a aplicação existente numa plataforma que procura, não só, valorizar o simulador U=RIolve já em uso, como acrescentar a possibilidade de treino autónomo por parte do aluno. Nesse sentido, foi criado um portal que, para além da listagem das publicações mais relevantes, de alguns vídeos explicativos do simulador (já presentes na aplicação U=RIolve) e da aplicação U=RIolve (nomeada como "Simulador" no menu lateral), apresenta uma pequena contextualização do projeto, os contactos dos autores e, sendo o foco principal do projeto agora apresentado, um módulo de treino e um módulo de criação e edição de *quizzes* (apenas acessível a administradores).

No que respeita ao módulo de treino da plataforma, foram criadas três modalidades: Métodos de Análise, Estudo por Temas e Estudo Aleatório. Na primeira modalidade, o aluno tem a oportunidade de selecionar perguntas da base de dados, escolhendo AC ou DC, o método de resolução do circuito (MCM, MTN e MCR) e, ainda, o nível de dificuldade do circuito em causa. Filtradas as perguntas que correspondem a essa seleção, as perguntas são apresentadas de forma aleatória (garantindo que o aluno não obtém perguntas previamente respondidas). As respostas podem ser numéricas ou de escolha múltipla e, caso a resposta do aluno esteja errada, vão sendo apresentadas dicas relativas àquela questão em particular, sendo estas progressivamente mais aprofundadas. Esgotando as dicas, a resposta certa será indicada ao aluno e a questão seguinte é apresentada.

No estudo por temas, o aluno poderá optar por responder a perguntas exclusivamente referentes a um tema: Nós, Ramos, Malhas, Equações ou Correntes e Tensões. Nesta modalidade, o aluno terá acesso a todas as perguntas da base de dados referenciadas com o tema referido. Desta forma, o aluno pode treinar uma área específica em que tenha mais dúvidas.

Por fim, o estudo aleatório permite que o aluno, sem qualquer tipo de seleção prévia, tenha acesso a todas as questões da base de dados (mais uma vez, garantindo que as perguntas já respondidas não apareçam). Esta última modalidade

servirá como revisão geral e que poderá ser utilizada por todo o tipo de estudantes, particularmente alunos das cadeiras de FEELE e de TCIRC.

Na modalidade dos Métodos de Análise e na modalidade do Estudo Aleatório, foi associada uma pontuação que permite ao aluno ter uma motivação extra para continuar a resolver os *quizzes* e a melhorar. Por outro lado, em todas as modalidades, os usuários têm a opção de baixar a *netlist* e a imagem associada, quando disponíveis. Essa funcionalidade visa permitir que os alunos utilizem posteriormente o simulador disponível na plataforma, a fim de analisar detalhadamente a resolução do circuito, passo a passo.

Justifica esclarecer, ainda, que o sistema de pontos não está a ser apresentado (nem aplicado) no estudo por temas, por considerarmos que é o módulo de base para o treino e que o verdadeiro desafio está em *quizzes* com perguntas diversificadas. Ainda assim, será sempre possível alterar esta opção.

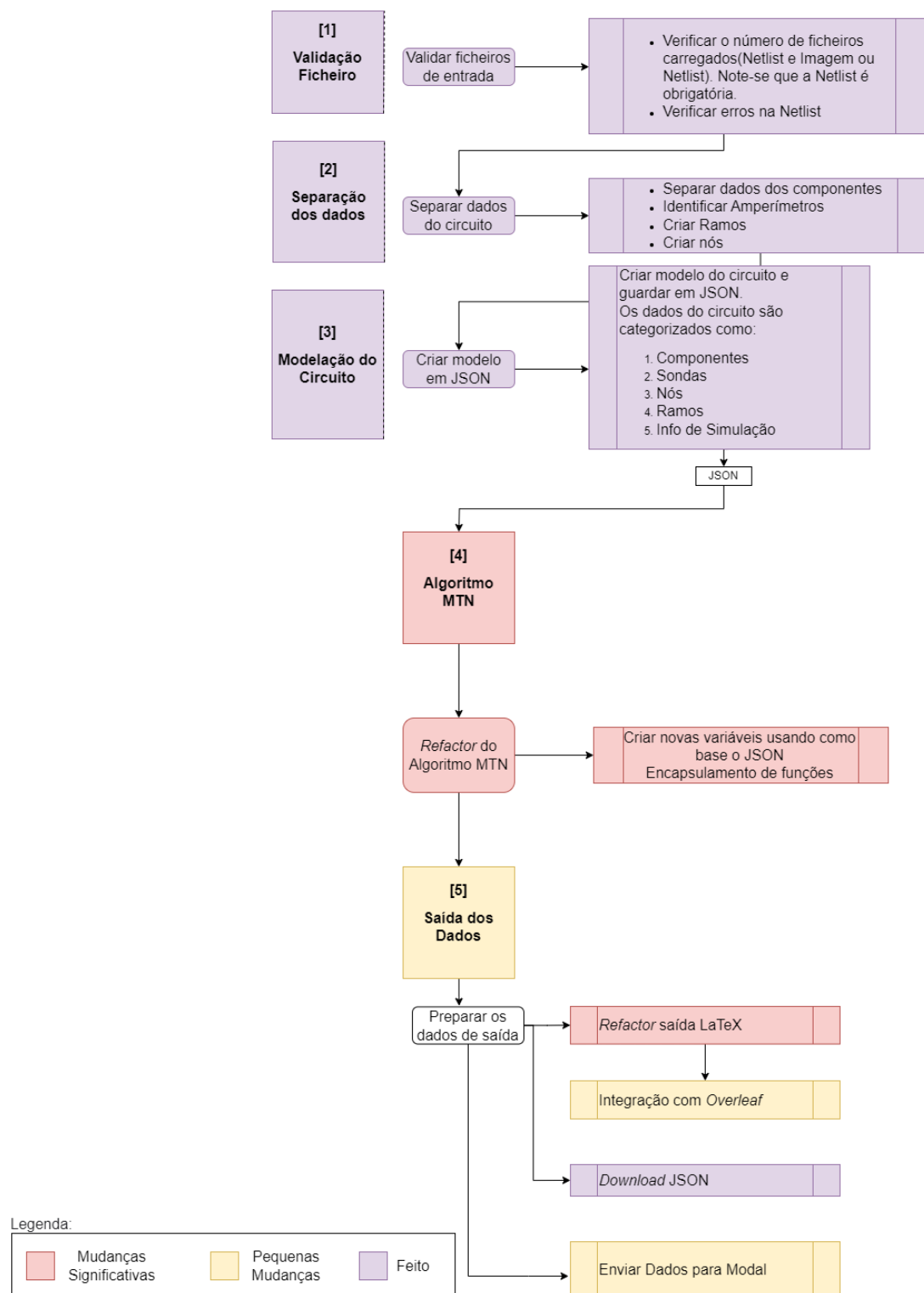
Quanto à base de dados, é de notar que, tendo em conta a temporária e reduzida quantidade de dados, na eventualidade de o aluno ter completado todos os *quizzes* da base de dados, a lista de *quizzes* resolvidos é limpa por forma a garantir que o aluno não fica sem questões para resolver. Para promover a expansão da base de dados e evitar que esta ficasse restringida à inserção manual de conteúdos por intermédio de *queries* SQL, foi criado um módulo que permite criar e editar as perguntas presentes na base de dados. Numa primeira fase, apresenta-se a lista de todas as perguntas com um resumo das principais características e com a possibilidade de edição. Nessa mesma página, existe, igualmente, a possibilidade de criar um novo *quiz*. Independentemente de termos a intenção de criar um novo *quiz* ou editar um já existente, somos redirecionados para uma nova página que oferece diversas opções de personalização. Nesse ambiente, podemos definir o tipo de corrente, o método de análise e o nível de dificuldade desejados. Em seguida, temos a oportunidade de adicionar a *netlist* e a imagem do circuito, caso sejam relevantes para o contexto. Por fim, é possível criar as etapas ou perguntas, as quais podem ser formuladas de maneira aberta, numérica ou com múltiplas opções de resposta. Também podemos incluir pistas que consideramos úteis para cada pergunta em particular. Esta abordagem permite uma abrangente exploração do conteúdo do circuito, passo a passo, proporcionando uma experiência enriquecedora e interativa, tanto para os alunos que desejam analisar a resolução do circuito como para os criadores de *quizzes* que procuram oferecer uma experiência educativa mais completa.

É importante ressaltar que a facilidade de inserção e edição de questões pelos administradores é fundamental para garantir uma alimentação simples do banco de dados. Um processo intuitivo, rápido e claro contribui significativamente para estimular a criação de novos *quizzes*. Ao proporcionar uma experiência fluida e acessível aos administradores, promovemos um ambiente propício para a expansão contínua da base de dados com facilidade e agilidade.

4.2 *Refactor* do código MTN

O *refactor* do código MTN (figura 4.1) surgiu como uma necessidade adicional para uniformizar o código já existente. De facto, este era o único método que não estava a utilizar uma função inicial de cálculo das variáveis base de um circuito, recorrendo a um algoritmo único no qual todos os cálculos eram feitos sem qualquer otimização. Tendo em conta que, entretanto, foi criado um algoritmo que permitia determinar as informações base do circuito independentemente do método escolhido, procedeu-se ao *refactor* do código por forma a otimizá-lo. Nesse sentido, foi apagado todo o código que estava a repetir os cálculos realizados pela nova função comum aos dois outros métodos e, conseqüentemente, foi feita uma alteração total das variáveis de entrada, bem como um ajuste de muitas variáveis que não estavam definidas de acordo com o novo formato.

A par dessas alterações, foi criada uma secção de *output* que separou a produção dos resultados do cálculo dos mesmos e foi criada a opção de *download* do JSON, de ficheiro em $\text{\LaTeX}$ e abertura do ficheiro em $\text{\LaTeX}$ diretamente no Overleaf. A produção do ficheiro em $\text{\LaTeX}$ obrigou a muitos ajustes do texto, por forma a que o relatório ficasse corretamente formatado e com as informações corretas. O botão de *print* ficou, para já, desativado, por falta de tempo para a criação da nova função.

Figura 4.1: Fluxograma com *refactor* do algoritmo MTN

O *output* em modal também foi alterado esteticamente, procurando apresentar os resultados de forma mais simples, reduzindo o número de cores.

Em termos de arquitetura, com estas opções de reformulação de código, acabou por criar-se um sistema com os mesmos princípios do Modelo MVC 3.6, separando o código referente ao algoritmo do código referente à apresentação dos resultados. Apesar de não ser uma divisão explícita, os princípios inerentes à divisão de funções e vantagens de reutilização de módulos estão presentes nesta nova versão apresentada no projeto.

4.3 Funções relevantes

O projeto que se apresenta implicou uma extensa produção de código que seria impossível de apresentar na sua totalidade. Como tal, foram selecionadas algumas das funções que entendemos mais relevantes, no sentido de terem permitido a otimização de recursos e terem um carácter escalável, fundamental num projeto que se imagina a crescer. Por questões de legibilidade, o código será apresentado em pseudocódigo ou fluxogramas, sendo possível consultar o código original no repositório GitHub.

4.3.1 Conexão à base de dados

A conexão à base de dados, apesar de simples, está a ser destacada pelo facto de se ter criado um ficheiro `.env` que carrega as variáveis de ambiente. Esta opção é a mais segura para aceder à base de dados, visto estarmos perante um código aberto, disponibilizado no repositório GitHub, e que, como tal, obrigaria ao conhecimento das credenciais caso não se optasse por este ficheiro. Esta é considerada uma boa prática de desenvolvimento de código colaborativo, dado que cada computador deverá ter as suas especificidades.

```
1 // Carregar variaveis de ambiente
2 ENV = parse_ini_file('.env')
3
4 // Inicializar sessoes
5 SE SESSION nao estiver definida:
6     session_start()
7
8 // Conexao com a base
9 DB = mysqli_connect(ENV['DB_SERVER'], ENV['DB_USER'], ENV['
    DB_PASSWORD'], ENV['DB_NAME'])
10
11 Se houver erro na conexao com a base de dados:
12     encerrar o programa e exibir o erro de conexao
```

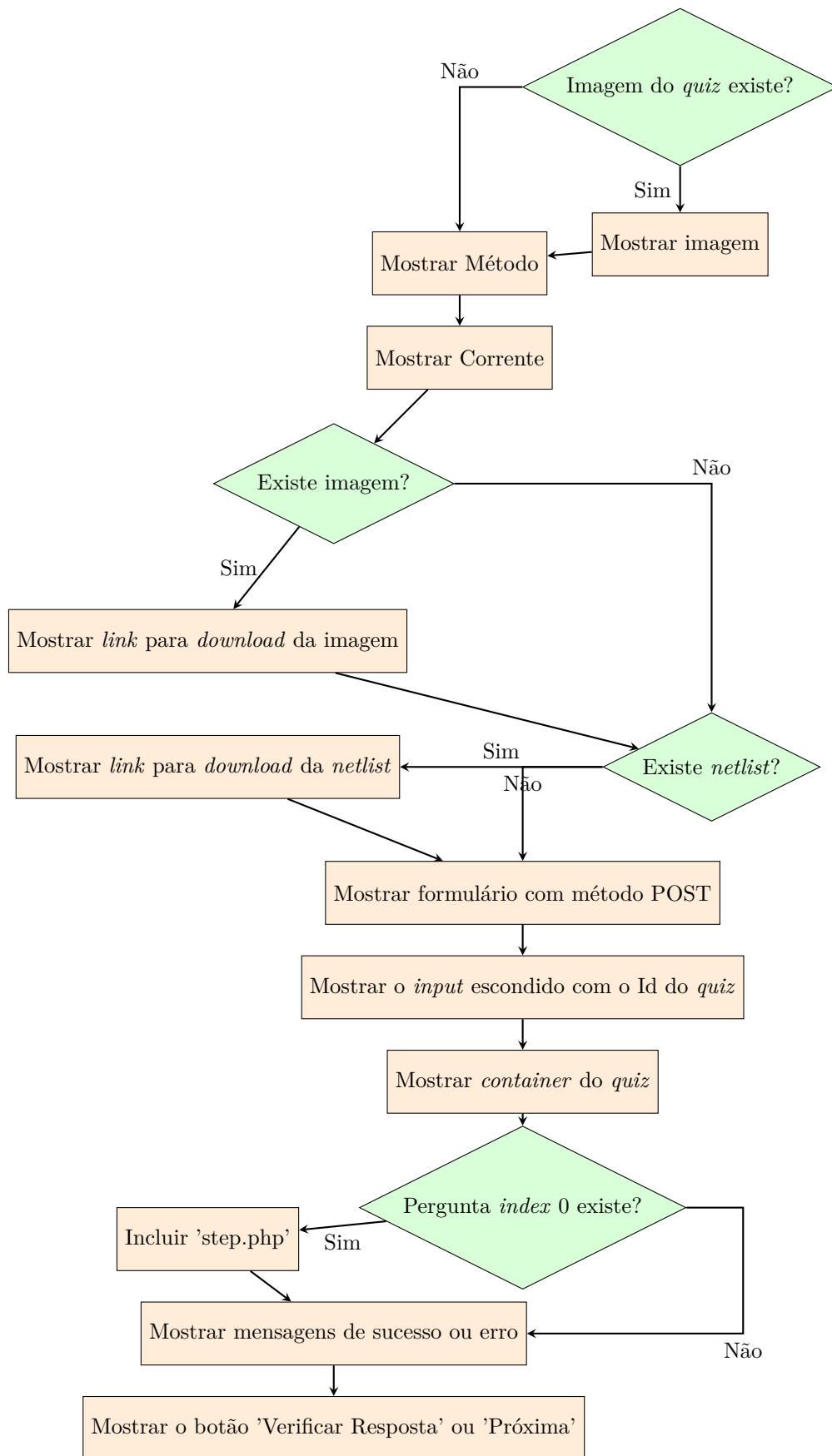
Listagem 4.1: Pseudocódigo da conexão com a base de dados

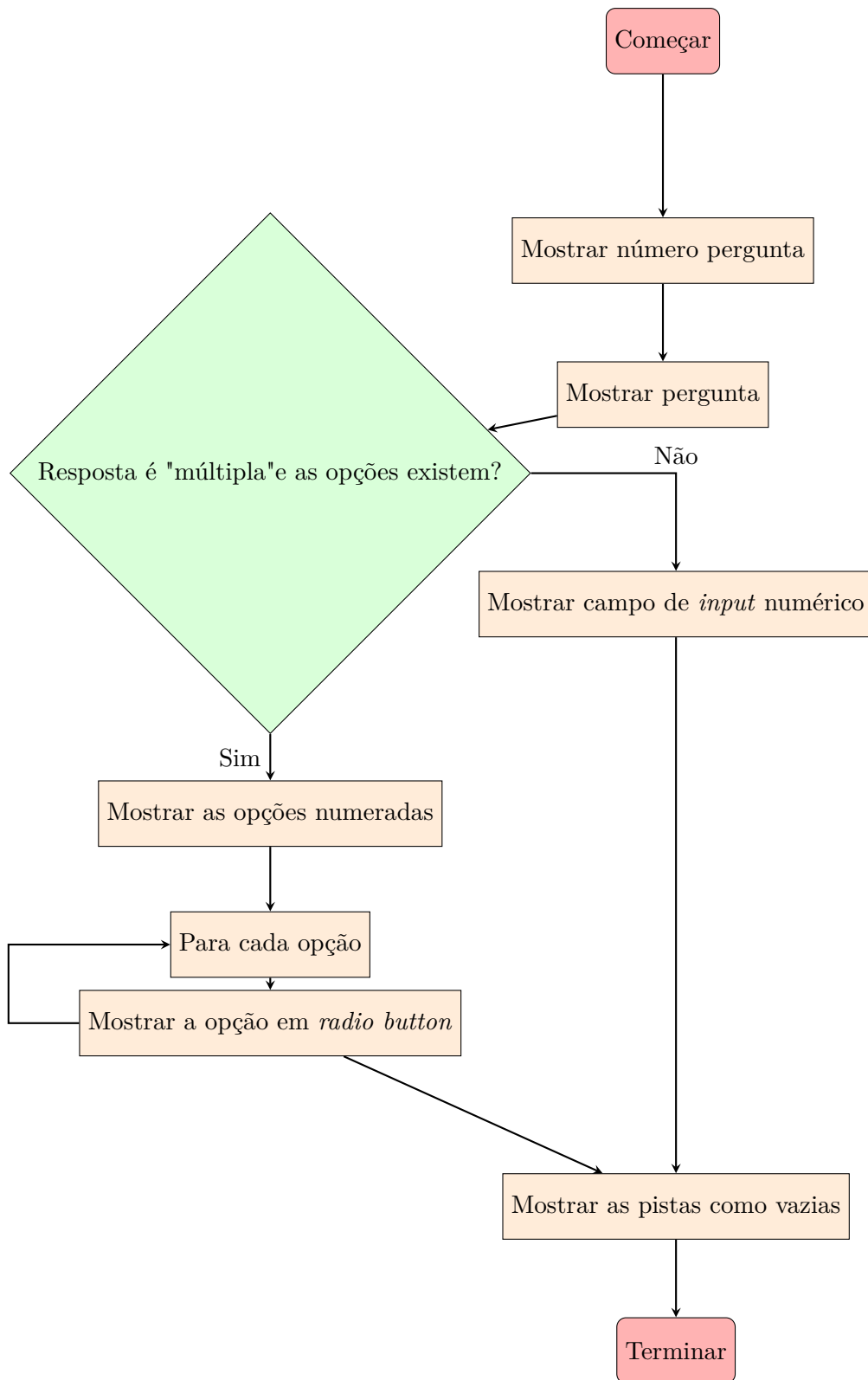
4.3.2 *Templates* para as questões

Foram criados dois *templates* para exibição de páginas: um para os módulos de treino e um para o módulo admin.

Módulo Treino

No que respeita ao *template* das questões apresentadas, o objetivo foi criar uma página base com a imagem, *netlist* e com o sistema de validação da resposta e um sistema que permitisse apresentar as perguntas/passos (e respetivo campo de resposta) de acordo com o tipo de resposta pretendida (numérica ou de escolha múltipla). Esta opção otimizou largamente o código e permitirá adicionar outras formas de apresentação à medida que se criem outros tipos de resposta. Os fluxogramas 4.2 e 4.3 procuram sistematizar o fluxo do código que permite obter as perguntas e respostas no módulo de treino.

Figura 4.2: Fluxograma do *template* geral da página de questões

Figura 4.3: Fluxograma do *template* da apresentação de cada função

Módulo Admin

O Módulo Admin tem duas páginas relevantes: a página de criação/edição de *quizzes* e a página da listagem dos *quizzes* existentes na base de dados. A primeira consiste num formulário que permite a entrada de dados por parte do administrador. O fluxograma 4.4 procura resumir as principais ações da página de criação/edição dos *quizzes*. Ainda assim, é importante destacar que, apesar de não aparecerem no fluxograma, existem outras funcionalidades relevantes, nomeadamente, poder adicionar uma imagem secundária a uma pergunta concreta, poder adicionar/remover opções nas perguntas de escolha múltipla e poder adicionar/remover ajudas em qualquer *step*/pergunta. As escolhas do tipo de corrente, do método de análise, do tipo de resposta e do tema (este último que serve de base para mapear as perguntas que servem para o módulo de treino por temas), são limitadas às opções presentes nas listas previamente criadas para o efeito.

Numa fase posterior, a informação inserida na página é submetida a uma validação abrangente. São efetuadas verificações para garantir que a resposta correta está presente nas opções criadas, no caso de questões de escolha múltipla, e que todos os campos obrigatórios estão devidamente preenchidos. A inclusão de uma possibilidade de resposta numérica permite também verificar se a resposta do aluno é numérica ou não. Por fim, toda a informação introduzida na página de criação/edição do quiz é armazenada na base de dados. Para tal, foi necessário desenvolver código que permita verificar se todos os campos estão validados e, caso sejam válidos, comunicar com a base de dados e guardar cada informação no respetivo campo. Para melhor compreensão das *queries* utilizadas, o algoritmo 1 apresenta um resumo do fluxo de armazenamento de dados.

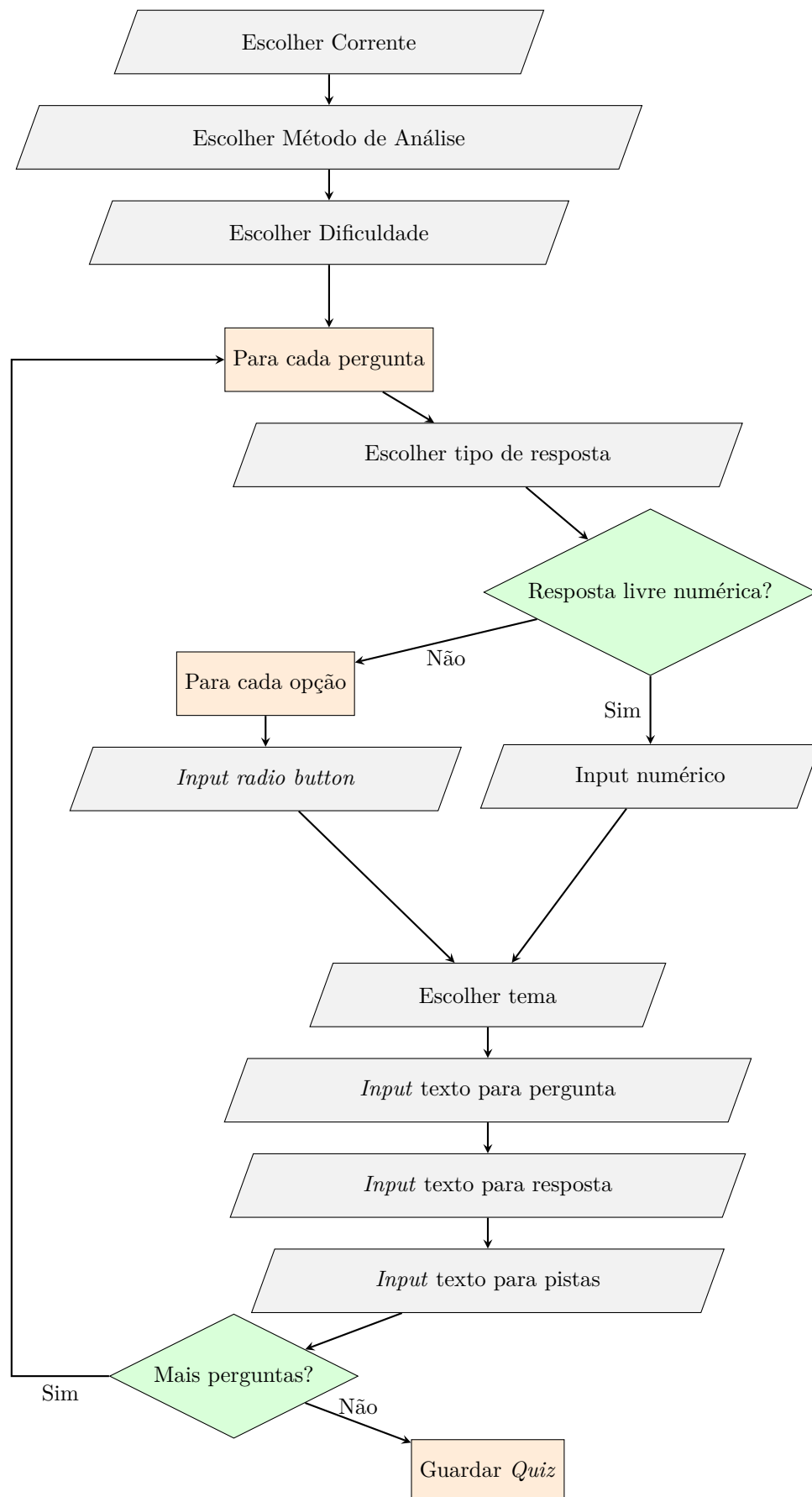


Figura 4.4: Fluxograma da página de edição de administrador

Algorithm 1 Função store

```

1: if REQUEST_METHOD  $\neq$  'POST' then
2:   Colocar resposta HTTP como código 400
3:   Terminar Programa
4: end if
5:
6: Attributes  $\leftarrow$  postAttributes()
7: if atributos não passam a validação then
8:   Colocar resposta HTTP como código 400
9:   Terminar Programa
10: end if
11:
12: Netlist  $\leftarrow$  netlistFromUpload()
13: Image  $\leftarrow$  imageFromUpload()
14:
15: Attributes['steps']  $\leftarrow$  json_encode(parseSteps(Attributes['steps']),
16: JSON_UNESCAPED_UNICODE)
17:
18: Query  $\leftarrow$  "INSERT INTO quiz (current_type, method_type, netlist, image, difficulty, steps)
19: VALUES (Attributes['current_type'], Attributes['method_type'],
20: Netlist, Image, Attributes['difficulty'], Attributes['steps'])"
21:
22: Result  $\leftarrow$  mysqli_query(DB, Query)
23: if Result existe then
24:   Terminar Program, retornando um JSON com 'ok' verdadeiro e o Id gerado
   pela base de dados
25: else
26:   Mostrar um JSON com 'ok' falso
27: end if

```

A outra vertente do Módulo Admin prende-se com o resumo do trabalho já realizado. Assim, para facilitar a experiência do administrador, foi criada uma página de listagem de todos os *quizzes* existentes até ao momento. Nessa lista resumida, em forma de tabela, aparece o id do quiz, o tipo de corrente, o método de análise, a dificuldade geral e o número de questões desse *quiz*. Existe, ainda, a possibilidade de apagar o *quiz*, editá-lo ou, num botão exterior à lista, criar novos *quizzes*.

4.3.3 Estrutura de dados

Para que este relatório possa espelhar as partes mais relevantes do projeto, torna-se necessário apresentar a estrutura adotada para a base de dados, bem como a estrutura adotada para cada uma das perguntas. Assim, a figura 4.5 resume os campos criados e respetivo tipo.

	#	Nome	Tipo
☐	1	id 	int
☐	2	qr_code	text
☐	3	current_type	char(2)
☐	4	method_type	char(3)
☐	5	netlist	mediumtext
☐	6	image	mediumtext
☐	7	difficulty	char(3)
☐	8	steps	json

Figura 4.5: Estrutura de dados da base de dados

Esta estrutura foi criada tendo em atenção as possíveis necessidades de aumento de funcionalidades. Particularizando, foi criado um campo para, no futuro, criar-se uma ligação à pergunta a partir de um código QR, definiram-se três campos de identificação de características gerais do *quiz* (tipo de corrente, método de análise e nível de dificuldade geral), criaram-se dois campos para alojar a *netlist* e a imagem (caso existam) e, por fim, foi criado um campo "*steps*" que corresponde a um JSON onde se guardarão todas as perguntas do *quiz*. O JSON guardado em *steps* tem uma estrutura própria, definida pelos campos existentes no módulo de criação de *quiz* do administrador (consultar fluxograma 4.3). Apresenta-se, de seguida, a sistematização dos campos pré-definidos para o JSON.

```

1  [
2  {
3    "theme": "",
4    "type": "",
5    "step_image": "",
6    "question": ""
7    "options": "",
8    "answer": "",
9    "hints": [],
10 }
11 ]

```

Listagem 4.2: Exemplo de JSON

Com base nesta estrutura, deseja-se armazenar informações específicas para cada pergunta. Isso inclui o tema relacionado (como nós, ramos, malhas, equações, correntes e tensões ou outro), o tipo de resposta esperada (múltipla escolha ou resposta livre numérica), uma imagem de apoio (se disponível), a própria pergunta, as opções de resposta (no caso de resposta múltipla), a resposta correta e, opcionalmente, pistas relacionadas à pergunta específica. Esta estrutura está pensada para ser escalável. Com efeito, para acrescentar outras opções de resposta, basta alterar o código do programa sem termos de alterar a estrutura da base de dados. Essa capacidade de ajuste é fundamental ao criar uma estrutura de dados, pois pode ser crucial para determinar a sua capacidade de escalabilidade.

Capítulo 5

Perspetivas de Utilização

Neste capítulo procura-se fornecer uma explicação aprofundada das principais funcionalidades da plataforma U=RIolve Academy. Com esse propósito em mente, vamos explorar o Módulo de Treino tanto do ponto de vista do Utilizador quanto do Administrador, sendo que este último tem acesso a mais funcionalidades. A utilização do Simulador U=RIolve, por considerarmos que não é o foco principal do projeto, será explorada no anexo A.

Na fase final de desenvolvimento do projeto, foram realizados testes com *beta testers* para validar o funcionamento da plataforma. O *feedback* dos estudantes e professores envolvidos foi recolhido e utilizado para aprimorar o programa, incorporando ajustes e refinamentos com base nas necessidades e sugestões recebidas. Assim, exploraremos, ainda neste capítulo, algumas das contribuições mais relevantes dos *beta testers*, bem como a importância que tiveram no desenvolvimento da plataforma.

5.1 Módulo Treino na Ótica do Utilizador/Aluno

A principal inovação desta plataforma, sob a perspectiva do utilizador, reside no seu módulo de treino. Este módulo, acessível através da opção "Treino" no menu lateral, permite a seleção de três tipos de treino: Métodos de Análise, Estudo por Temas e Estudo Aleatório (conforme ilustrado na figura 5.1). Nas próximas secções, iremos explorar em detalhe essas três abordagens de treino, assim como os tipos de *feedback*

que o utilizador pode receber ao responder corretamente ou incorretamente às questões apresentadas. Adicionalmente, abordaremos o funcionamento do Sistema de Pontuações, bem como a possibilidade adicional de efetuar o *download* da imagem e da *netlist*, quando essas estiverem disponíveis.

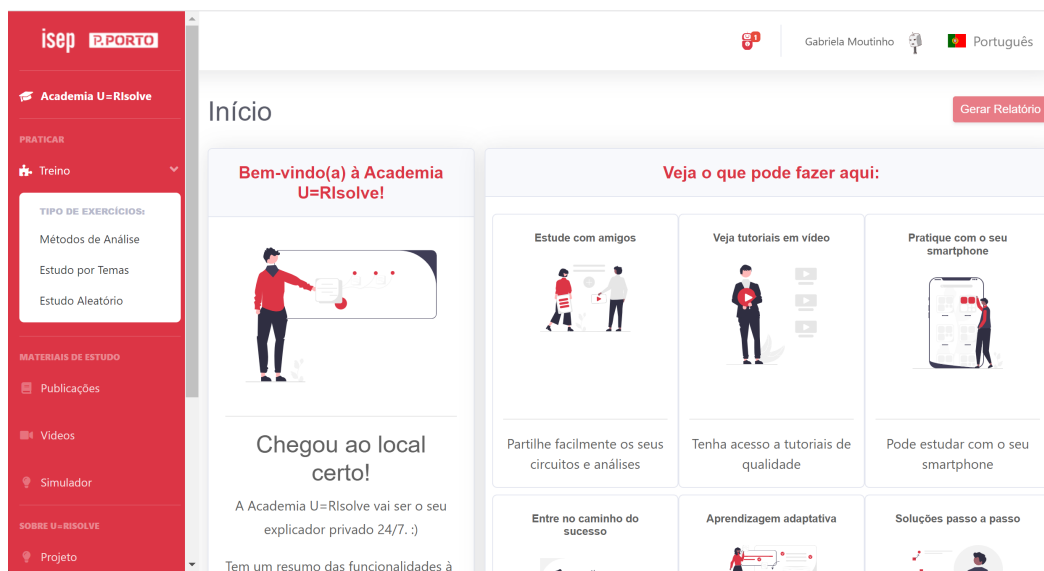


Figura 5.1: Página inicial com opções do módulo de Treino abertas

5.1.1 Treino por Métodos de Análise

Ao optar pela seleção "Métodos de Análise", o utilizador terá a possibilidade de aceder a um formulário no qual poderá escolher o Tipo de Corrente, o Método de Análise e o Nível de Dificuldade das questões às quais pretende responder (conforme demonstrado na figura 5.2). Ao clicar em "Iniciar Quiz", o utilizador terá acesso a um dos *quizzes* armazenados na base de dados, de forma a treinar de acordo com a especificidade selecionada.

Analysis Methods

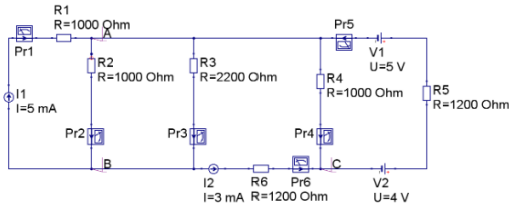
📊 Your current score is **21** !

Choose Current Type: ☒ DC ☐ AC

Choose Method Type: ☒ MTN ☐ MCM ☐ MCR

Choose Difficult Level:

Start Quiz [Reset Quiz](#)



Method Type: **MTN** / Current Type: **DC**

Image 1 Netlist 1

1 Quantos nós tem o circuito? (How many nodes does the circuit have?)

1

Hints:

💡 Defina-se como nó o ponto de interseção de três ou mais ramos. (A node is defined as the intersection point of three or more branches.)

Verify Answer

Figura 5.2: Treino por Métodos de Análise

5.1.2 Treino por Temas

A opção "Estudo por Temas" possibilita ao utilizador seleccionar questões de um único tema. Independentemente da dificuldade e do método de análise, as questões apresentadas concentram-se exclusivamente em um dos temas disponíveis: Nós, Ramos, Malhas, Equações e Correntes e Tensões (conforme ilustrado na figura 5.3). Ao seleccionar o tema desejado, o utilizador pode clicar no botão correspondente "Começar" para ter acesso a todas as questões relacionadas a esse tema existentes na base de dados. O principal objetivo deste módulo é permitir que o utilizador aperfeiçoe um tema específico sem a necessidade de percorrer todas as etapas restantes do *quiz*.

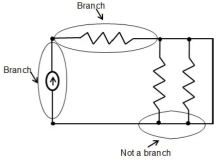
Estudo por Temas



Nós

Um circuito é composto por vários componentes que são unidos para formar ramos e nós. Nesta secção, poderá aprender a identificar corretamente o número de nós.

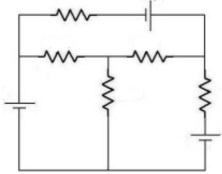
[Começar](#)



Ramos

Nesta secção, aprenderá como identificar corretamente o número de ramos num circuito.

[Começar](#)



Malhas

Nesta secção, poderá aprender como identificar corretamente malhas com 2 ou mais ramos.

[Começar](#)

(a)

Ohm's Law

$V = IR$

$I = \frac{V}{R}$

$R = \frac{V}{I}$

Series Rules

$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$

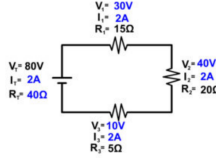
$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \dots$

$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$

Equações

O número de equações e as equações escolhidas dependem do método escolhido para resolver o sistema. Nesta secção, será capaz de avaliar o seu conhecimento, utilizando os três métodos de análise de circuitos.

[Começar](#)



Correntes e Tensões

Resolver um circuito implica determinar todas as correntes e tensões. Nesta secção, poderá avaliar a sua capacidade de resolver autonomamente qualquer circuito.

[Começar](#)

(b)

Figura 5.3: Estudo por Temas

5.1.3 Treino Aleatório

O último módulo, denominado "Estudo Aleatório", proporciona ao utilizador a oportunidade de resolver qualquer *quiz* disponível na base de dados, independentemente do nível de dificuldade, método de análise, tipo de corrente e tema. Para aceder ao *quiz*, basta que o utilizador clique no botão "Iniciar Quiz" (conforme ilustrado na figura 5.4). Em termos de funcionamento, este módulo possui a mesma estrutura dos *quizzes* presentes na opção "Métodos de Análise".

Estudo Aleatório

A sua pontuação atual é 0 !

Obtenha um quiz aleatório relativo a qualquer método de análise e qualquer tipo de corrente:

[Iniciar Quiz](#) [Sair Quiz](#)

Tipo de Método: **MCM** / Tipo de Corrente: **DC**

Imagem1

1 Quantos nós tem o circuito? (How many nodes does the circuit have?)

Hints:

Um só nó pode estar representado por mais do que um ponto no desenho do circuito. (A single node can be represented by more than one point on the circuit drawing.)

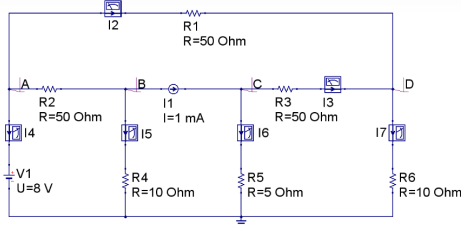
[Verificar Resposta](#)

Figura 5.4: Estudo Aleatório

5.1.4 Exemplo de *feedback* de respostas, Sistema de Pontuação e Extras

Ao responder a uma determinada questão, o utilizador terá a possibilidade de acertar ou errar. Em caso de acerto, uma mensagem de confirmação será exibida e o botão "Verificar Resposta" será substituído pelo botão "Seguinte" (mostrado na figura 5.5).

No caso de errar, serão fornecidas pistas (definidas durante a criação do *quiz*) que, quando se esgotarem, revelarão a resposta correta e permitirão avançar no *quiz* (ver figura 5.6). Ao concluir um *quiz*, a pontuação do utilizador será atualizada com base no número de questões respondidas corretamente e na sua dificuldade.



Tipo de Método: **MTN** / Tipo de Corrente: **DC**

Imagem! Netlist!

1 Quantos nós tem o circuito? How many nodes does the circuit have?

5

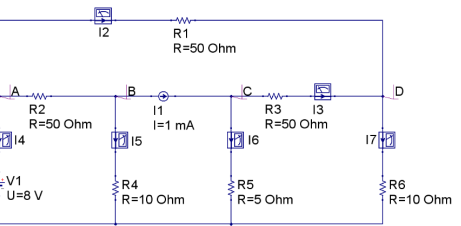
Hints:

Define-se como nó o ponto de interseção de três ou mais ramos. (A node is defined as the intersection point of three or more branches.)

Correta!

Próxima →

Figura 5.5: Resposta Certa



Tipo de Método: **MTN** / Tipo de Corrente: **DC**

Imagem! Netlist!

1 Quantos nós tem o circuito? How many nodes does the circuit have?

3

Hints:

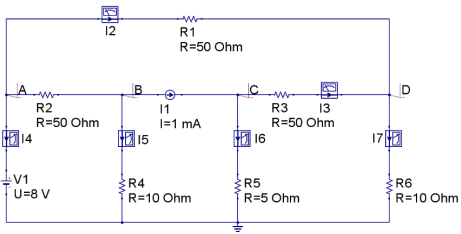
Define-se como nó o ponto de interseção de três ou mais ramos. (A node is defined as the intersection point of three or more branches.)

Por favor, tenta outra vez.

Verificar Resposta

Figura 5.6: Resposta Errada

Adicionalmente, foi introduzida a opção de o utilizador poder fazer o *download* da Imagem e da *Netlist* do *quiz* que está a resolver. Para isso, logo abaixo da figura principal, serão exibidos dois links que, ao serem clicados, iniciarão o download da opção seleccionada (figura 5.7).



Tipo de Método: **MTN** / Tipo de Corrente: **DC**

Imagem! Netlist!

1 Quantos nós tem o circuito? How many nodes does the circuit have?

Escreva a resposta aqui

Verificar Resposta

Figura 5.7: Imagem e *Netlist* disponíveis para *download*

5.2 Treino na Ótica do Administrador/Professor

Para além do Módulo de Treino, foi desenvolvido o módulo "Editor de Questões" na perspetiva do Administrador (conforme ilustrado na figura 5.8). Neste módulo, o administrador terá a capacidade de consultar a lista de quizzes existentes, criar novos *quizzes* ou editar os já existentes na lista. A fim de aproveitar todas as funcionalidades do modo Administrador, serão exploradas as vertentes da Listagem de *Quizzes*, Criação e Edição de *Quizzes*, bem como as facilidades implementadas.

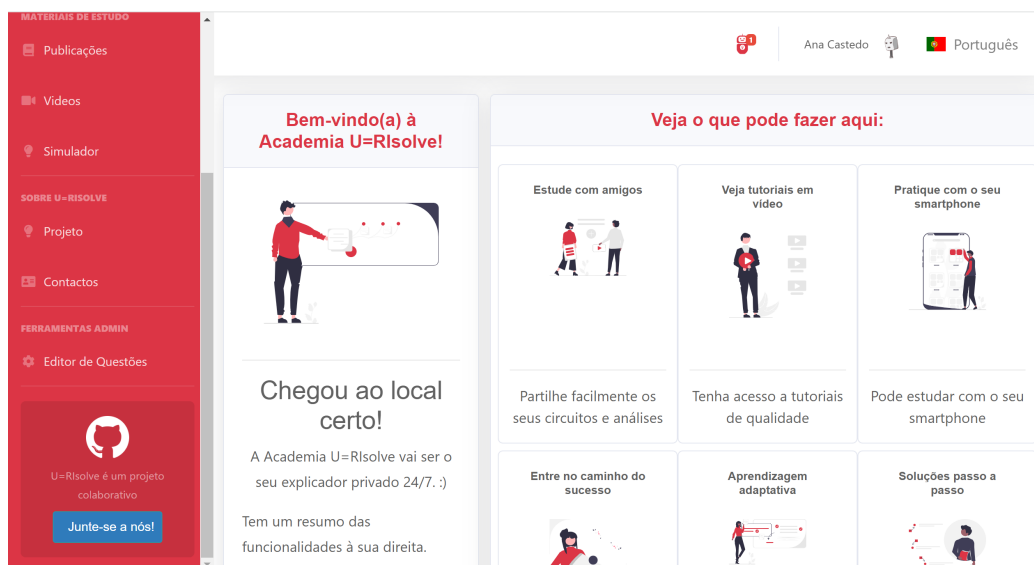


Figura 5.8: Página Inicial com Ferramentas Admin no menu lateral

5.2.1 Listagem de *Quizzes*

Ao selecionar o "Editor de Questões" no menu lateral da página inicial, o administrador terá acesso à listagem de todos os *quizzes* armazenados na base de dados. Nessa listagem, é possível consultar informações como o Tipo de Corrente, Método de Análise, Nível de Dificuldade e Número de Perguntas/Etapas. É ainda possível eliminar o *quiz*, editá-lo ou criar um novo (conforme mostrado na figura 5.9). Estas últimas duas funcionalidades serão tratadas no próximo ponto.

Editor de Questões

Criar Quiz

ID	Tipo de Corrente	Tipo de Método	Dificuldade Geral	Número de Etapas		
1	DC	MCM		4	Editar Quiz	
2	DC	MTN		4	Editar Quiz	
3	DC	MCR		4	Editar Quiz	
4	DC	MCM		3	Editar Quiz	
5	DC	MCR		2	Editar Quiz	
6	DC	MTN		4	Editar Quiz	

Figura 5.9: Listagem de *quizzes*

5.2.2 Criação/Edição de *quizzes*

Ao acessar o "Editor de Questões", o administrador terá a opção de criar um novo quiz ou editar um existente, utilizando a mesma estrutura em ambas as situações. Na opção "Criar *Quiz*", o administrador terá acesso a uma página onde poderá definir o Tipo de Corrente, Método de Análise e o Nível de Dificuldade geral do *quiz*. Em seguida, poderá inserir uma *netlist* e/ou uma imagem que será exibida ao longo de todo o *quiz*. Posteriormente, poderá criar as perguntas. Nessa fase, o administrador poderá escolher entre resposta livre (numérica) ou resposta múltipla. A seguir, selecionará o tema com o qual a pergunta se relaciona (Nós, Ramos, Malhas, Equações, Correntes e Tensões ou Outro) e poderá inserir uma imagem secundária, caso necessário. Por fim, será solicitada a inserção da pergunta e da resposta (no caso de ser uma pergunta de escolha múltipla, será possível adicionar tantas opções quantas as desejadas). Embora opcional, o administrador poderá adicionar um número ilimitado de pistas para auxiliar o aluno/utilizador a chegar à resposta correta. No final da página, é possível clicar em "Adicionar Pergunta" ou "Criar *Quiz*" (ver figura 5.10) .

The interface for creating a quiz is divided into several sections. At the top, there are three main settings: 'Tipo de Corrente' (Current Type) with a dropdown set to 'AC', 'Tipo de Método' (Method Type) with a dropdown set to 'MTN', and 'Dificuldade' (Difficulty) represented by a horizontal slider. Below these are two file upload sections: 'Netlist' and 'Imagem', each with a button 'Escolher ficheiro' and the text 'Nenhum ficheiro selecionado'. The main area is titled 'Perguntas' (Questions) and contains two side-by-side question editors, 'Pergunta #1' and 'Pergunta #2'. Each editor has a title bar with a trash icon, a 'Tipo de Resposta' (Response Type) dropdown, a 'Tema' (Topic) dropdown, an 'Imagem' file upload section, a 'Pergunta' (Question) text area, and a 'Resposta' (Answer) text area. 'Pergunta #1' has a 'Resposta' type of 'Livre (numérica)' and a topic of 'Nós'. 'Pergunta #2' has a 'Resposta' type of 'Múltipla' (Multiple choice). Below the question editors are three buttons: 'Adicionar Pergunta' (Add Question), 'Guardar e continuar a Editar' (Save and continue editing), and 'Guardar' (Save).

Figura 5.10: Módulo de criação de *Quiz*

Caso o administrador deseje editar uma questão já existente, ao clicar em "Editar *Quiz*" na página da Listagem de *Quizzes*, a estrutura encontrada na criação do *quiz* será pré-preenchida com as informações do *quiz* selecionado. Dessa forma, será possível modificar qualquer campo do quiz e, por meio dos botões localizados no final da página, adicionar mais perguntas, salvar o *quiz* e continuar no modo de edição, ou apenas salvar e voltar para a Listagem dos *Quizzes*. A figura 5.11 mostra, como exemplo, duas das questões pré-preenchidas e as opções disponíveis no final da página.

The image displays two side-by-side screenshots of a quiz editing interface. Each panel represents a different quiz being edited.

Left Panel:

- Tipo de Resposta:** Múltipla
- Tema:** Ramos
- Imagem:** Escolher ficheiro (Nenhum ficheiro seleccionado)
- Pergunta:** Quanto ramos tem o circuito?
- Opções:** 2, 3, 4, 5 (with minus buttons next to 4 and 5)
- Resposta:** 3
- Pistas:** Um ramo é um conjunto de um ou mais cor, Se houver um único Amperímetro ligado ent, Um ramo pode ser constituído por apenas u, Um ramo pode ter apenas uma carga

Right Panel:

- Tipo de Resposta:** Múltipla
- Tema:** Correntes e Tensões
- Imagem:** Escolher ficheiro (Nenhum ficheiro seleccionado)
- Pergunta:** Qual é a corrente medida por I_{FC}
- Opções:** 0, 1, -1, 0,1 (with minus buttons next to -1 and 0,1)
- Resposta:** 1
- Pistas:** A fonte de corrente define a corrente no rarr, O Amperímetro está colocado em série e no

At the bottom of the interface, there are three buttons: "Adicionar Pergunta", "Guardar e continuar a Editar", and "Guardar".

Figura 5.11: Edição do *Quiz*

5.2.3 Facilidades Admin implementadas

Com o intuito de facilitar a consulta e edição dos quizzes pelos administradores, foram implementadas duas funcionalidades adicionais no Módulo de Treino, mais especificamente na opção "Métodos de Análise", que foi abordada no capítulo anterior. Ao seleccionar essa opção como administrador, terá acesso a duas funcionalidades extra. A primeira é a possibilidade de consultar um quiz específico através do seu ID (consultar figura 5.12). Esta valência permitirá que o administrador visualize o quiz da mesma forma que um utilizador e possa testar qualquer quiz que tenha criado. A segunda funcionalidade é comum a todos os quizzes apresentados na opção "Métodos de Análise" e consiste na inclusão do botão "Editar" no final de cada

pergunta. Ao clicar nesse botão, o administrador será redirecionado para a página de edição desse *quiz* em particular (figura 5.13). Essas duas funcionalidades visam proporcionar um controlo mais eficiente do trabalho realizado pelo administrador e facilitar o fluxo de edição das questões.

Métodos de Análise

! A sua pontuação atual é 56 !

Escolha o tipo de corrente: ☒ DC ☐ AC

Escolha o método de análise: ☒ MTN ☐ MCM ☐ MCR

Escolha a dificuldade:

Iniciar Quiz Ou Escolha um Quiz: Escolha um Quiz ▼

Figura 5.12: Menu de seleção de *Quiz*

Tipo de Método: **MCM** / Tipo de Corrente: **DC**

Imagem! Netlist!

1 Quantos nós tem o circuito? (How many nodes does the circuit have?)

Escreva a resposta aqui

Verificar Resposta

✎ Editar Quiz

Figura 5.13: Opção de Edição em cada pergunta

5.3 Testes e *Feedback* dos *Beta Testers*

A plataforma U=RIolve Academy passou por um significativo processo de testes para assegurar a sua qualidade e robustez. Mais de uma dezena de *Beta Testers* (pertencentes à comunidade educativa do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) e também de outras instituições) foram convidados a experimentar a plataforma, fornecendo um valioso *feedback* sobre a sua experiência de utilização, tanto do ponto de vista do utilizador quanto do administrador. Estes *testers*, ao longo de cerca de um mês, desempenharam um papel crucial no aprimoramento da plataforma.

Durante o período de testes, foram relatados e comunicados diversos *bugs* encontrados tanto na parte do utilizador como na do administrador. Depois de inventariados, houve um esforço constante para resolver cada um deles, garantindo que a plataforma funcionasse corretamente e livre de problemas que pudessem afetar a experiência dos utilizadores. Através da colaboração estreita com os *Beta Testers*, foi possível identificar e solucionar os problemas de forma eficiente.

Além disso, os *Beta Testers* contribuíram com sugestões valiosas de melhorias adicionais para a plataforma. Essas sugestões foram cuidadosamente analisadas e levadas em consideração. Algumas dessas melhorias foram incluídas na proposta de trabalho futuro, que está apresentada nas conclusões do relatório. Outras foram, desde já, implementadas, tais como as facilidades implementadas para Administradores, a correta tradução de alguns termos, a agilização da autenticação do utilizador (até ter um sistema de emails funcional), o ajuste dos *layouts* e a resolução de alguns pormenores relativos à responsividade em telemóveis.

No que respeita à experiência de utilização, foi referido, pela grande maioria dos *Beta Testers*, que a plataforma é intuitiva e atraente, reforçando a ideia de que pode ser uma mais valia na promoção do sucesso dos alunos.

A participação ativa dos *Beta Testers* foi fundamental para o sucesso do desenvolvimento da plataforma U=RIolve Academy. A plataforma foi aprimorada graças a esse valioso envolvimento da comunidade de *testers*, resultando num produto mais estável, funcional e adaptado às necessidades dos utilizadores e administradores.

Capítulo 6

Considerações Finais

Ao finalizar este projeto, é essencial realizar uma avaliação do trabalho desenvolvido e considerar propostas para futuras melhorias, a fim de garantir um progresso contínuo. Neste contexto, apresentaremos a seguir as conclusões mais significativas.

6.1 Conclusões sobre o Desenvolvimento do Projeto

O projeto concluído comporta uma complexidade que dificilmente é integralmente transmitida por meio deste relatório. Ao longo do processo, foram realizadas inúmeras etapas, começando pela análise de um extenso código com milhares de linhas que incluía contribuições de várias pessoas. Além disso, foram necessários estudos aprofundados em JavaScript[23], *Hypertext Preprocessor* (PHP)[24], *HyperText Markup Language* (HTML)[25], *Structured Query Language* (MySQL)[26], *Cascading Style Sheets* (CSS)[27], *Bootstrap*[28] e até mesmo em $\text{\LaTeX}$ [29]. Durante o desenvolvimento do projeto, também foram implementados trechos de código que, por fim, não foram incorporados no produto final. A título de exemplo, foram criadas com sucesso matrizes de adjacência e incidência para testar um algoritmo de determinação de malhas.

Além do trabalho visível a partir do portal criado, houve trabalho menos visível, tal como a análise informal das respostas dos alunos a perguntas de avaliação ou o ajuste contínuo do projeto de acordo com as necessidades emergente.

As disciplinas de PESTA e Sistemas Computacionais Avançados (SISTCA), serviram, ainda, como catalisadoras para uma mudança de carreira. O contacto

com as linguagens mencionadas anteriormente e a exploração de *frameworks* como REACT[30] e NextJS[31], despertaram a curiosidade necessária para explorar mais aprofundadamente o campo da programação.

Todo o trabalho mais ou menos visível, a ajuda dos *beta testers* e as disciplinas já mencionadas, que despertaram a curiosidade e o interesse no campo da programação, foram elementos determinantes para o êxito do projeto.

Estando plenamente funcional e acessível ao público, esta plataforma pode ser utilizada em qualquer dispositivo (computador, telemóvel ou *tablet*), permitindo que o estudo seja realizado em qualquer lugar, sem restrições relevantes (exceto o acesso à Internet) e com a convicção de que será responsável pela promoção do sucesso dos alunos.

Em resumo, por ser um projeto tão abrangente e por se ter valências que não estavam previstas à partida, pode afirmar-se que superou consideravelmente os objetivos originalmente propostos, tendo-se tornado responsável, inclusivamente, por um efetivo crescimento profissional.

6.2 Perspetivas de Trabalho Futuro

A aplicação U=RI solve tem uma história longa de resiliência. Sendo um projeto colaborativo, é um trabalho em constante desenvolvimento e melhoria. No caso concreto do projeto agora apresentado, deixaram-se em aberto alguns caminhos de melhoria:

- possibilidade de exploração da inteligência artificial para elaboração de perguntas e ajuste das ajudas a cada aluno;
- criação de um *bot* de ajuda;
- implementação de um programa de criação de circuitos que permita deixar-se de estar dependente do QUCS para elaboração de *netlists*;
- exploração do sistema de pontos a nível global e comparativo;
- inclusão de um módulo de teoria;
- pré-visualização das questões criadas no ambiente de edição;
- avaliação da eficácia da plataforma U=RI solve Academy na promoção do sucesso dos alunos.

A par destes caminhos, será um constante desafio manter uma aplicação toda escrita em JavaScript puro, sem apoio de *frameworks* que, neste momento, agilizam muito todos os processos. Creio que, a seu tempo, será necessário migrar o código por forma a atualizar-se e alinhar-se com as tendências atuais da programação.

Referências

- [1] E. Machado, ed., *A educação que vem. Entre a performatividade e a esperança*. Braga, Portugal: Whitebook, 2017. [Citado na página 1]
- [2] U. S. Paulo, “Metodologias ativas para o ensino-aprendizagem.” disponível em <https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=70118&lang=en>, May 2023. (Último acesso em 29/05/2023). [Citado nas páginas vii e 4]
- [3] M. Alves, F. Pereira, A. Rocha, and L. Sousa, “U=risolve app.” disponível em <https://urisolve.pt/app/>, May 2023. (Último acesso em 29/05/2023). [Citado nas páginas 5, 9, 27 e 28]
- [4] M. Margraf and S. Jahn, “Qucs.” disponível em <https://qucs.sourceforge.net/index.html>, May 2023. (Último acesso em 29/05/2023). [Citado na página 9]
- [5] C. D. Systems, “Pspice.” disponível em <https://www.pspice.com/>, June 2023. (Último acesso em 20/06/2023). [Citado na página 9]
- [6] A. Devices, “Ltspice.” disponível em <https://www.analog.com/en/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html/>, June 2023. (Último acesso em 20/06/2023). [Citado na página 9]
- [7] E. W. Group, “Multisim.” disponível em <https://www.multisim.com/>, June 2023. (Último acesso em 20/06/2023). [Citado na página 9]
- [8] T. Quarles, “Spice.” disponível em <http://bwrcs.eecs.berkeley.edu/Courses/IcBook/SPICE/>, June 2023. (Último acesso em 20/06/2023). [Citado na página 9]
- [9] T. Instruments, “Tina-ti.” disponível em <https://www.ti.com/tool/TINA-TI>, June 2023. (Último acesso em 20/06/2023). [Citado na página 9]
- [10] S. Khan, “Khan academy.” disponível em <https://pt-pt.khanacademy.org/>, May 2023. (Último acesso em 29/05/2023). [Citado na página 9]
- [11] S. Wolfram and T. Gray, “Wolfram.” disponível em <https://www.wolfram.com/>, June 2023. (Último acesso em 20/06/2023). [Citado na página 9]

- [12] A. Ng and D. Koller, “Coursera.” disponível em <https://www.coursera.org/>, June 2023. (Último acesso em 20/06/2023). [Citado na página 9]
- [13] U. Harvard and I. de Tecnologia de Massachusetts, “edx.” disponível em <https://www.edx.org/>, June 2023. (Último acesso em 20/06/2023). [Citado na página 9]
- [14] O. Çağlar, E. Bali, and G. Biyani, “Udemy.” disponível em <https://www.udemy.com/>, June 2023. (Último acesso em 20/06/2023). [Citado na página 9]
- [15] S. Thrun and D. Stavens, “Udacity.” disponível em <https://www.udacity.com/>, June 2023. (Último acesso em 20/06/2023). [Citado na página 9]
- [16] B. Skromme, “Circuit tutor.” disponível em <https://www.circuittutor.com/>, May 2023. (Último acesso em 29/05/2023). [Citado na página 9]
- [17] LTDU, “What is computer aided learning (cal)?,” tech. rep., LTDU, May 2023. (Último acesso em 29/05/2023). [Citado na página 14]
- [18] P. Viana, M. Alves, and F. Pereira, “Métodos de análise e simplificação de circuitos elétricos,” 2022. [Citado na página 20]
- [19] G. Marques and M. J. Resende, “Circuitos elétricos - sistemas elétricos e eletromecânicos,” tech. rep., Universidade Técnica de Lisboa, May 2023. (Último acesso em 29/05/2023). [Citado na página 20]
- [20] A. Rocha, L. Sousa, M. Alves, and F. Pereira, “Métodos gerais de análise de circuitos,” Feb. 2022. [Citado nas páginas 20, 21, 23 e 24]
- [21] J. Deacon, “Model-view-controller (mvc) architecture.” disponível em <http://www.johndeacon.net/john-deacon/articles/model-view-controller-architecture/>, May 2009. (Último acesso em 20/06/2023). [Citado na página 24]
- [22] M. Alves, F. Pereira, A. Rocha, and L. Sousa, “U=risolve academy.” disponível em <https://urisode.pt/debug/academy/>, June 2023. (Último acesso em 10/07/2023). [Citado na página 28]
- [23] w3schools, “Javascript tutorial.” disponível em <https://www.w3schools.com/js/>, June 2023. (Último acesso em 20/06/2023). [Citado na página 55]
- [24] R. Lerdorf, “Php.” disponível em <https://www.php.net/>, June 2023. (Último acesso em 20/06/2023). [Citado na página 55]
- [25] w3schools, “Html tutorial.” disponível em <https://www.w3schools.com/html/>, June 2023. (Último acesso em 20/06/2023). [Citado na página 55]

-
- [26] O. Corporation, “Mysql.” disponível em <https://www.mysql.com/>, June 2023. (Último acesso em 20/06/2023). [Citado na página 55]
- [27] w3schools, “Css tutorial.” disponível em <https://www.w3schools.com/css/>, June 2023. (Último acesso em 20/06/2023). [Citado na página 55]
- [28] M. Otto and J. Thornton, “Bootstrap.” disponível em <https://getbootstrap.com/>, June 2023. (Último acesso em 20/06/2023). [Citado na página 55]
- [29] L. Project, “Latex - a document preparation system.” disponível em <https://www.latex-project.org/>, June 2023. (Último acesso em 20/06/2023). [Citado na página 55]
- [30] J. Walke, “React.” disponível em <https://react.dev/>, June 2023. (Último acesso em 20/06/2023). [Citado na página 56]
- [31] G. Rauch, “Nextjs.” disponível em <https://nextjs.org/>, June 2023. (Último acesso em 20/06/2023). [Citado na página 56]

Anexo A

Guia de Utilização do Simulador U=RI solve

O presente guia tem como propósito orientar o utilizador na utilização do Simulador U=RI solve. Nesse sentido, irão ser explicitados os passos para que, a partir de um ficheiro *netlist* criado no QUCS, se consiga obter a resolução, passo a passo, do circuito.

A.1 Simulador U=RI solve

A opção de simulador, presente no menu lateral da página principal, direciona o utilizador para uma página onde é possível simular qualquer circuito criado a partir do QUCS. Para realizar a simulação, o utilizador deve carregar a *netlist* correspondente ao circuito e, opcionalmente, a imagem do mesmo (conforme ilustrado na figura A.1).

Simulador de Circuitos:

Todos os Métodos de análise de circuitos

Comece a simulação abaixo.

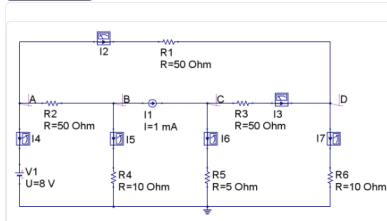
Esta aplicação de análise de circuitos disponibiliza uma solução, passo a passo, usando apenas um ficheiro de Netlist. É possível submeter um segundo ficheiro, contendo uma imagem do circuito.

Por favor, efetue o upload dos seus ficheiros e escolha o método desejado para a análise do circuito.

Enviar ficheiros

Browse

Uploaded Files:



C1.png (image/png) Modified: Fri, 02 Jun 2023 11:22:53 GMT

C1.txt (text/plain) Modified: Fri, 02 Jun 2023 12:06:54 GMT

Método da
Tensão nos Nós

Método das
Correntes nos
Ramos

Método das
Correntes nas
Malhas

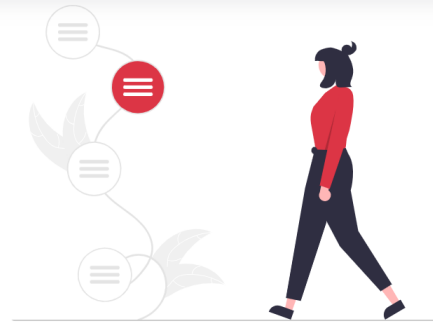
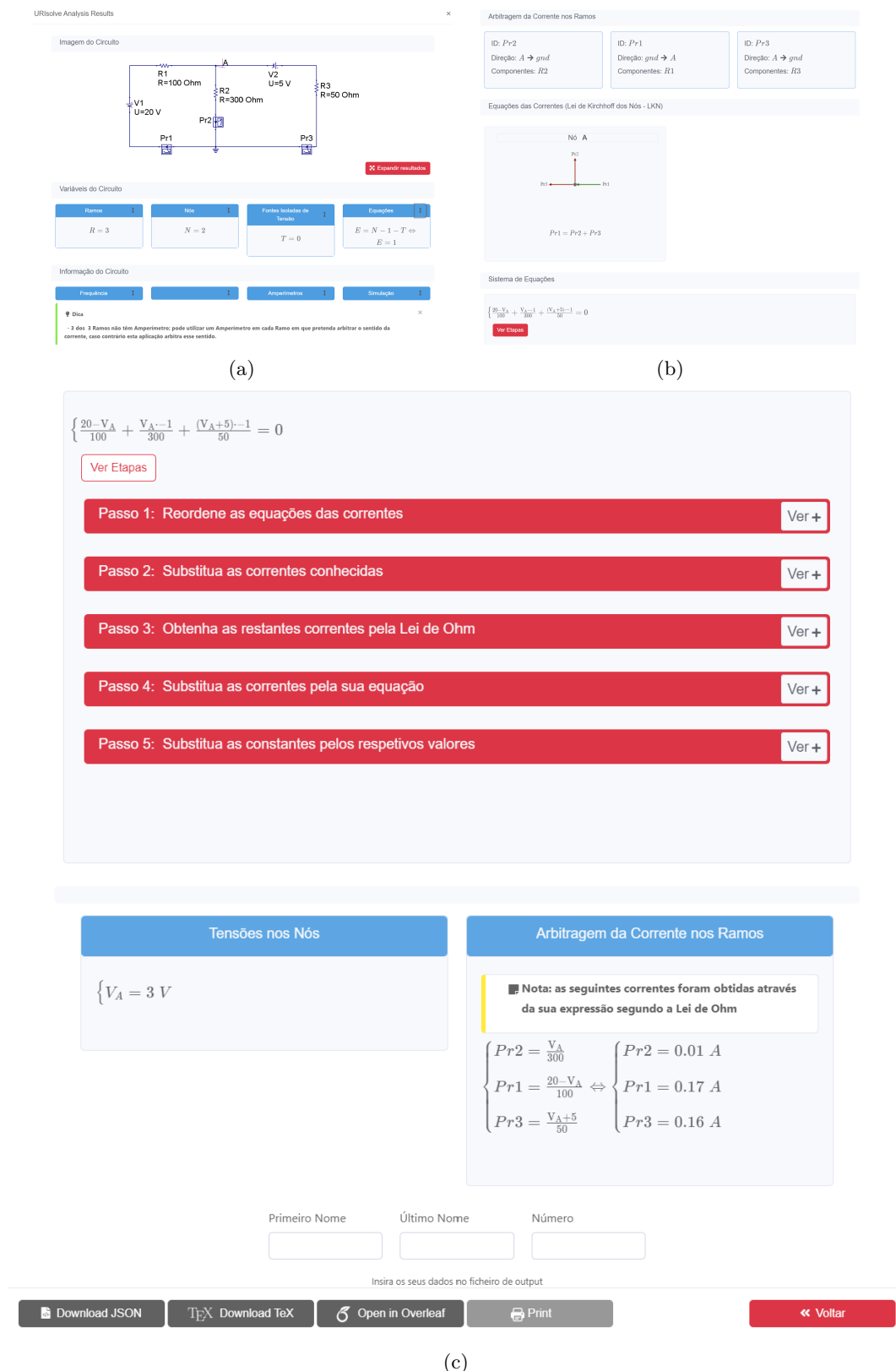


Figura A.1: *Netlist* e Imagem carregadas

Após o carregamento dos ficheiros, é disponibilizada a escolha de um dos métodos de análise disponíveis, nomeadamente o MTN, o MCR ou o MCM. Ao selecionar o método desejado, será apresentado um modal com todas as variáveis essenciais, cálculos e valores finais do circuito, juntamente com explicações detalhadas passo a passo (figura A.2). Para obter todas as etapas detalhadas, o utilizador poderá expandir todos os resultados ou, caso pretenda expandir um único painel em particular, poderá clicar no painel em causa para o expandir.



(c)

Figura A.2: Modal de Resultados do Simulador