

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PÓS-GRADUAÇÃO *LATO SENSU* EM PRÁTICAS PEDAGÓGICAS

CLAINER BRAVIN DONADEL

**JOGO EDUCACIONAL DIGITAL APLICADO AO PROCESSO DE ENSINO-
APRENDIZAGEM DA TEMÁTICA REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA
ELÉTRICA**

CARIACICA

2022

CLAINER BRAVIN DONADEL

**JOGO EDUCACIONAL DIGITAL APLICADO AO PROCESSO DE ENSINO-
APRENDIZAGEM DA TEMÁTICA REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA
ELÉTRICA**

Monografia apresentada à Coordenadoria do Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Práticas Pedagógicas, do Instituto Federal do Espírito Santo, *Campus Cariacica*, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Práticas Pedagógicas.

Orientador: Rodrigo Ferreira Rodrigues

CARIACICA

2022

(Biblioteca do *Campus* Cariacica do Instituto Federal do Espírito Santo)

D674g Donadel, Clainer Bravin.

Jogo educacional digital aplicado ao processo de ensino-aprendizagem da temática redes de distribuição de energia elétrica / Clainer Bravin Donadel – 2022.

29 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Rodrigo Ferreira Rodrigues.

Monografia (Especialização) – Instituto Federal do Espírito Santo, Curso de Pós-graduação Lato Sensu em Práticas Pedagógicas, 2022.

1. Distribuição de energia elétrica – Estudo e ensino. 2. Jogos educativos. 3. Ensino à distância. 4. Aprendizagem ativa. I. Rodrigues, Rodrigo Ferreira. II. Instituto Federal do Espírito Santo. Campus Cariacica. III. Título.

CDD: 371.3

(Bibliotecário/a: Luciana Dumer CRB6-ES nº 662)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

FOLHA DE APROVAÇÃO-TCC n° 1/2022-CAR-CCTA
Protocolo n° 23152.001936/2022-33

Cariacica-ES, 06 de setembro de 2022

Cariacica-ES, 06 de setembro de 2022

CLAINER BRAVIN DONADEL

"JOGO EDUCACIONAL DIGITAL APLICADO AO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DA TEMÁTICA REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA".

Trabalho Final de Curso, apresentado como requisito final para obtenção de grau de especialista em Práticas Pedagógicas pelo curso de Pós-graduação em Práticas Pedagógicas do Instituto Federal do Espírito Santo.

Data de Aprovação: 24 de junho de 2022

Banca Examinadora:

Prof.a Dr. Rodrigo Ferreira Rodrigues
Professor Orientador
IFES

Prof.a Dra. Andromeda Goretti de Menezes Campos
Membro Externo
IFES

Prof.a Me. Robson Leone Evangelista
Membro Interno
IFES

(Assinado digitalmente em 12/09/2022 20:52)
**ANDROMEDA GORETTI DE MENEZES
CAMPOS**
PROFESSOR DO ENSINO BASICO TECNICO E TECNOLOGICO
CAR-CCTL (11.02.19.01.08.03.04)
Matricula: 1444509

(Assinado digitalmente em 06/09/2022 17:31)
ROBSON LEONE EVANGELISTA
PROFESSOR DO ENSINO BASICO TECNICO E TECNOLOGICO
CAR-CCLF (11.02.19.01.08.03.01)
Matricula: 1917611

(Assinado digitalmente em 06/09/2022 15:13)
RODRIGO FERREIRA RODRIGUES
PROFESSOR DO ENSINO BASICO TECNICO E TECNOLOGICO
CAR-CCTA (11.02.19.01.08.03.02)
Matricula: 1908278

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ifes.edu.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **1**, ano: **2022**, tipo: **FOLHA DE APROVAÇÃO-TCC**, data de emissão: **06/09/2022** e o código de verificação: **25a3572953**

RESUMO

Entre 2020 e 2021 a pandemia de COVID-19 mudou drasticamente a dinâmica das componentes curriculares ministradas no Ifes, uma vez que componentes curriculares inicialmente planejadas para oferta presencial tiveram que ser trabalhadas na forma de atividades pedagógicas não presenciais – APNPs. A adoção de APNPs foi associada, em vários momentos, às práticas do Ensino à Distância (EaD), embora não sejam sinônimos. Ao longo das últimas décadas, o EaD tem evoluído consideravelmente, principalmente depois do advento em massa das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs). Assim, a presente pesquisa propõe uma intervenção pedagógica por meio de um jogo educacional digital como metodologia ativa, na componente curricular Distribuição de Energia Elétrica, em particular na temática “fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais”, para que possa ocorrer no formato EaD, permitindo sua adequação ao novo paradigma posto.

Palavras-chave: Distribuição de Energia Elétrica, EaD, Jogos Educacionais Digitais, Metodologia Ativa.

ABSTRACT

In 2020 and 2021 the Covid-19 pandemic dramatically changed the dynamics of the curriculum components taught at IFES. Curriculum components planned for face-to-face offering had to be worked in the form of non-face-to-face pedagogical activities. Over the last few decades, distance learning has evolved considerably, especially after advent of Information and Communication Technologies. Thus, this research proposes a pedagogical intervention using an educational game as active methodology, in the curriculum component "power electrical distribution", in the theme "load flow in radial power distribution networks".

Keywords: active methodology, distance learning, educational games, power electrical distribution.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	APRESENTANDO A PESQUISA	13
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA	14
1.3	JUSTIFICATIVA	14
1.4	HIPÓTESES	14
1.5	OBJETIVOS	14
1.6.1	Objetivo Geral	14
1.6.2	Objetivos Específicos	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
3	PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA	21
3.1	INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA PROPOSTA	21
3.2	JOGO EDUCACIONAL DIGITAL PROPOSTO	24
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	28
5	METODOLOGIA PROPOSTA	31
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTANDO A PESQUISA

Entre 2020 e 2021 as atividades presenciais em quase todas as redes e sistemas de ensino foram praticamente suspensas e no Ifes (Instituto Federal do Espírito Santo) não foi diferente, retornando gradualmente a partir de setembro/2021, devido à pandemia de COVID-19 (Ifes, 2021).

Tal fato mudou drasticamente a dinâmica de oferta das componentes curriculares e matrizes de cursos naquele período, uma vez que componentes curriculares inicialmente planejadas para oferta presencial tiveram que ser trabalhadas na forma de atividades pedagógicas não presenciais – APNPs¹. A adoção de APNPs foi associada, em vários momentos, às práticas do Ensino à Distância (EaD). Embora não sejam sinônimos, em ambos os casos, docentes e discentes não estavam presentes no mesmo ambiente físico.

Ao longo das últimas décadas, o EaD tem evoluído consideravelmente, principalmente depois do advento em massa das Tecnologias da Informação e Comunicação – TICs (Albino e Azevedo, 2020). PPCs de cursos de graduação tradicionalmente presenciais já permitem que parte das componentes curriculares sejam feitas em formato EaD; cursos de pós-graduação *lato sensu* e de especialização técnica também tradicionalmente presenciais têm adotado medidas neste sentido (Ifes, 2017; 2019).

Assim, o tema de pesquisa refere-se à aplicação de tecnologias educacionais, em especial a proposição de um jogo educacional digital, na componente curricular Distribuição de Energia Elétrica no formato EaD, permitindo sua adequação ao novo paradigma posto. A temática a ser trabalhada é “fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais”, tipicamente considerado um ponto de dificuldade pelos alunos, dada a complexidade do tema.

¹ Regulamentas no âmbito do Ifes por meio da Resolução do Conselho Superior nº 01/2020 (Ifes, 2020), em substituição às aulas presenciais, “mediadas ou não por meios de recursos e tecnologias digitais de informação e comunicação que possibilitem aos discentes o acesso, em seu domicílio, aos materiais de apoio e de orientação que permitam a continuidade dos estudos em função da situação de pandemia do novo Coronavírus”.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

É possível a proposição de um jogo educacional digital como estratégia de aprendizagem aplicável à modalidade EaD em componente curricular de caráter técnico (Distribuição de Energia Elétrica)?

1.3 JUSTIFICATIVA

A componente curricular Distribuição de Energia Elétrica é ofertada anualmente no Curso Superior de Engenharia Elétrica do Ifes *campus* Vitória. Trata-se de uma componente curricular optativa (9º período) e, em virtude disso, possui um quantitativo de alunos menor que as turmas iniciais dos cursos.

Uma das temáticas trabalhadas na componente curricular é “fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais”, tipicamente considerado um conteúdo de alta complexidade e maior dificuldade pelos alunos. Na oferta presencial, há um acompanhamento quase individual do progresso dos alunos. Dessa forma, a adoção de tecnologias educacionais apropriadas à modalidade EaD poderá contribuir com o processo ensino-aprendizagem nesta componente curricular, fornecendo aos alunos e à sociedade maior flexibilidade no processo ensino-aprendizagem, bem como as demais vantagens da modalidade EaD.

1.4 HIPÓTESES

Hipótese única: um jogo educacional digital pode ser proposto como facilitador do processo de ensino-aprendizagem do tema “fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais”, da componente curricular Distribuição de Energia Elétrica, optativa do Curso Superior em Engenharia Elétrica, para ser executada na modalidade EaD.

1.5 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa tem por objetivo geral propor uma intervenção pedagógica por meio da utilização de um jogo educacional digital no processo de ensino-aprendizagem de conteúdo técnico profissional, contido na componente curricular Distribuição de Energia Elétrica.

1.6.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, cita-se:

- ➔ Avaliar a utilização de jogo educacional digital como tecnologia educacional no contexto de ensino na Engenharia Elétrica, em particular da componente curricular Distribuição de Energia Elétrica, na modalidade EaD.
- ➔ Propor uma intervenção pedagógica sobre o tema “fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais”, por meio da utilização de jogo educacional digital como objeto de aprendizagem.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A PRÁTICA PEDAGÓGICA ADOTADA NA PESQUISA

A adoção de práticas pedagógicas adequadas é peça fundamental para o sucesso de uma determinada componente curricular ou curso. É necessário conhecer bem o público-alvo de cada caso, e propor alternativas viáveis para cada trabalho desenvolvido. De acordo com Souza e Torres-Morales (2015), a adoção de métodos tradicionais, que privilegiam a transmissão de informações pelos professores, fazia sentido quando o acesso à informação era considerado difícil. Atualmente, as tecnologias permitem a integração de todos os espaços e tempos.

Neste contexto, considerando que o público-alvo da presente proposta de pesquisa são alunos do Curso Superior em Engenharia Elétrica com acesso a tecnologias da informação e comunicação (TICs), a proposição de um jogo educacional digital será adotada como metodologia ativa (Guzzo, 2020) para auxiliar no processo ensino-aprendizagem da temática “fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais”, adaptado ao contexto EaD. O uso de tecnologias educacionais adequadas possibilita uma aula mais dinâmica, interativa e contextualizada com a realidade dos alunos. Acredita-se que a utilização de tecnologias educacionais contribui didaticamente para se obter maior atenção e, conseqüentemente, o uso adequado e coerente com o conhecimento escolar e o próprio currículo (Chiofi e Oliveira, 2014).

As metodologias ativas contrastam com o modelo tradicional de ensino, nos quais os alunos são considerados unicamente receptores passivos de conhecimento (Innovation, 2018), colocando-os como centro do processo ensino-aprendizagem (Diesel *et al.*, 2017). De acordo com Diniz (2019)

Aprendizagem ativa refere-se a uma ampla gama de estratégias de ensino que envolvem os alunos como participantes ativos em sua aprendizagem durante o horário de aula com seu instrutor. Normalmente, essas estratégias envolvem uma certa quantidade de alunos trabalhando juntos durante a aula, mas também podem envolver trabalho individual e / ou reflexão. Essas abordagens de ensino vão desde atividades curtas e simples, como redação de periódicos, resolução de problemas e discussões emparelhadas, até atividades mais longas e envolvidas ou estruturas pedagógicas, como estudos de caso, dramatizações e aprendizado estruturado em equipe. (Diniz, 2019, p. 24)

Uma das possibilidades no contexto das metodologias ativas é a utilização de jogos educacionais digitais. Jogos educacionais digitais vêm sendo utilizados com sucesso no processo ensino-aprendizagem de diversas áreas do conhecimento (Carvalho e Kamisato, 2019; Sales, 2019; Santos, 2019; Meira e Blikstein, 2020; Novais *et al.*, 2021; Sanches, 2021), incluindo-se subáreas da Engenharia. A temática abordada nesta pesquisa (fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais) é considerada pelos alunos como o ponto de maior dificuldade dentro da componente curricular. Assim, a proposição de um jogo educacional digital poderá facilitar o aprendizado da temática abordada.

Jogos podem ser definidos como

“uma atividade ou ocupação voluntária, exercida dentro de certos e determinados limites de tempo e de espaço, segundo regras livremente consentidas, mas absolutamente obrigatórias, dotado de um fim em si mesmo, acompanhado de um sentimento de tensão e de alegria e de uma consciência de ser diferente da ‘vida cotidiana’”. (HUIZINGA, 2005, apud Sanches, 2021, p. 14)

Podem ser definidos ainda como “um sistema no qual jogadores se engajam em um desafio abstrato, definido por regras, interatividade e feedback; e que gera um resultado quantificável frequentemente elicitando uma reação emocional” (Alves, 2015).

Além disso, os jogos – também chamados *games*

São elaborados de tal maneira que sabemos o que certifica a vitória. Este é um elemento concreto. Um game bem projetado permite que o jogador saiba exatamente quando ganha e quando perde, o que significa a vitória e como seu avanço é certificado (Alves, 2015, p. 22).

Cuba (2009) apresenta uma proposta de categorização para os jogos: estratégia, simuladores, aventura, passatempo, RPG, esporte, luta e educação/treinamento. Também apresenta o conceito de jogos sérios como “jogos que utilizam do entretenimento e diversão/prazer para veicular propósitos”. O autor cita 5 grandes categorias de jogos sérios propostas na literatura

Edutainment: Mistura das palavras inglesas *Educational* = educacional e *Entertainment* = entretenimento. O objetivo do *edutainment* é a de transmitir conhecimento, ou treinamento de uma forma lúdica.

(...)

Advergaming: Fusão das palavras inglesas *Advertise* = propaganda e *videogame* = jogo eletrônico. São jogos usados para anunciar um produto, organização ou ponto de vista.

(...)

Edumarket Games: Reúne aplicações com uma proposta educativa, ou pelo menos aplicações destinadas a tornar os seus utilizadores sensíveis a uma mensagem educativa através dos jogos.

(...)

Jogos Políticos: O objetivo deste *Serious Game* é o de denunciar de modo direto algum tipo de problema.

(...)

Treinamento e Jogos de Simulação: a proposta aqui não é vencer, mas simplesmente ter diversão ou chegar a algum objetivo criado pelo usuário.” (JULIAN et al., 2007, apud Cuba, 2009, p. 10)

De forma complementar, o conceito de gamificação emerge no contexto de ensino-aprendizagem atual. O termo gamificação foi utilizado inicialmente (no sentido que temos atualmente) por Nick Pelling em 2002, a partir de observações de potencial nos mecanismos pertencentes aos jogos virtuais ligados a motivação dos sujeitos em resolverem alguns de seus problemas (Medeiros e Tavares, 2021). Entretanto, a origem do termo se inicia em 1912, quando a marca americana Cracker Jack introduziu brinquedos surpresa em seus produtos (Alves, 2015).

A gamificação também pode ser vista como

o uso da lógica dos games em outros contextos. Trazendo esses elementos para a educação, a gamificação no processo pedagógico significa usar as estratégias próprias dos jogos para tornar o processo de aprendizado mais atrativo, valendo-se de comportamentos naturais do ser humano como competitividade, socialização, busca por recompensa e prazer pela superação (Cotonhoto, 2021).

2.2 O FLUXO DE POTÊNCIA EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA RADIAIS

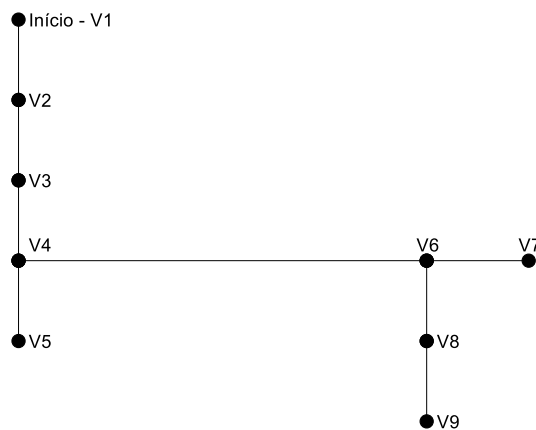
Nesta pesquisa será trabalhada a temática “fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais”, conteúdo do componente curricular “Distribuição de Energia Elétrica” que compõe a Matriz Curricular do Curso Superior em Engenharia Elétrica do Ifes, *campus* Vitória.

O estudo de fluxo de potência consiste em se determinar os valores das variáveis elétricas em uma rede de distribuição de energia elétrica específica, a partir do conhecimento das características desta rede. As características normalmente conhecidas são os valores das tensões

no barramento da subestação de alimentação (início da rede), a potência complexa das cargas e os modelos de cargas que melhor se adaptam à situação em estudo. As variáveis a serem determinadas são os valores das tensão nas barras, das correntes nos trechos, das perdas, das potências ativa e reativa, dentre outras possibilidades (Kersting, 2002).

As redes de distribuição de energia elétrica são normalmente representadas na forma de grafos. Grafo é um neologismo derivado da palavra *graph* em inglês (Feofiloff *et al.*, 2005). Consiste em um conjunto de pontos de interesse (vértices) e suas eventuais ligações (arestas) (Jurkiewicz, 2009). Dessa forma, qualquer estrutura que possa ser reduzida a estes 2 tipos de elementos pode ser representada por grafos. Um exemplo clássico de representação em grafos é a representação de um conjunto de cidades por pontos (vértices) e de suas interligações rodoviárias por arestas. Aplicando-se o conceito a redes de distribuição de energia elétrica, os vértices do grafo resultante representam os postes/torres localizados ao longo das vias e as arestas representam as ligações existentes entre estes postes/torres, realizadas por meio de condutores elétricos. Um exemplo de rede distribuição representada na forma de grafos está apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Exemplo de rede de distribuição de energia elétrica representada por grafos



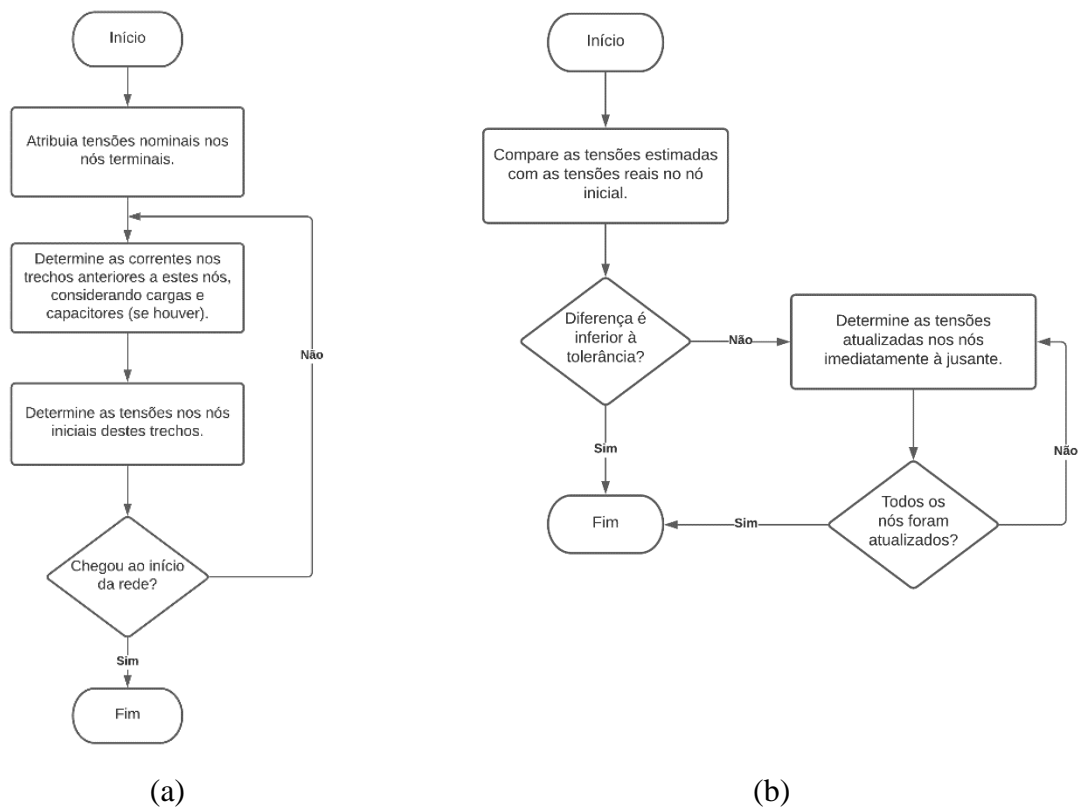
Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

A topologia das redes de distribuição de energia elétrica podem ser radiais ou em malha². A solução de problemas de fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais é tipicamente feita por uma classe de métodos denominada *backward-forward* ou varredura,

² Redes radiais contam com uma única fonte de suprimento (Kagan *et al.*, 2005).

que possui boa convergência³ neste tipo de rede (Kersting, 2002). A aplicação de métodos *backward-forward* ou varredura está apresentada, de forma resumida, na Figura 2. A Figura 2-a apresenta a primeira parte da aplicação do método, sentido *bottom-up*⁴. A Figura 2-b apresenta a segunda parte da aplicação do método, sentido *top-down*⁵.

Figura 2 – Fluxograma de aplicação de métodos *backward-forward* ou varredura: (a) primeira parte da aplicação do método e (b) segunda parte da aplicação do método



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

³ Em processos iterativos, as soluções são obtidas a partir de uma sucessão de estimativas, que se aproximam do valor exato da solução. Uma sequência de estimativas é dita convergente se ocorre tal aproximação (Adalberto Ajara, 2016).

⁴ Partindo dos nós das extremidades da rede, em direção à fonte de suprimento. Disponível de forma ilustrada em <https://www.youtube.com/watch?v=okgt5-yG5WA>

⁵ Partindo da fonte de suprimento, em direção aos nós das extremidades da rede.

3 PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA

3.1 INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA PROPOSTA

A presente proposta de intervenção pedagógica tem como público-alvo discentes do ensino regular de nível superior (graduação), por meio da aplicação de tecnologias educacionais na componente curricular Distribuição de Energia Elétrica, optativa do 9º período do Curso Superior em Engenharia Elétrica do Ifes *campus* Vitória. A prática pedagógica proposta é a utilização de um jogo educacional digital para apoio do processo ensino-aprendizagem do tema “fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais”. O planejamento geral da intervenção pedagógica está ilustrado no Quadro 1 e detalhado nos Quadros 2 a 6.

Quadro 1 - Planejamento geral da intervenção pedagógica

Momentos	Data	Descrição	Carga horária
Momento 1	Encontro síncrono on-line, conforme calendário acadêmico	Apresentação aos alunos do problema base de fluxo de potência	02:00
Momento 2	Atividade assíncrona	Utilização do jogo educacional digital por parte dos alunos	02:00
Momento 3	Encontro síncrono on-line, conforme calendário acadêmico	Acompanhamento do processo de aprendizagem dos alunos	02:00
Momento 4	Atividade assíncrona	Utilização do jogo educacional digital por parte dos alunos	02:00
Momento 5	Encontro síncrono on-line, conforme calendário acadêmico	Discussão dos resultados alcançados pelos alunos e eventuais dúvidas	02:00
Carga horária presencial			00:00
Carga horária síncrona			06:00
Carga horária assíncronas			04:00
Carga horária total			10:00

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Quadro 2 – Detalhamento do momento 1

Data: conforme calendário acadêmico					
Tema: fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais					
Objetivos: apresentar aos alunos o problema base de fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais					
Conteúdos: conceitos de fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais					
	Unidade didática	Metodologia	Recursos didáticos	Avaliação	Pontos
1	Fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais	Aula expositiva dialogada	Computador e ferramentas de <i>web</i> conferência	Não haverá avaliação	Não haverá distribuição de pontuação

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Quadro 3 - Detalhamento do momento 2

Data: conforme calendário acadêmico					
Tema: fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais					
Objetivos: utilizar jogo educacional digital visando auxiliar no processo de ensino-aprendizagem do problema de fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais					
Conteúdos: jogo educacional digital sobre fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais					
	Unidade didática	Metodologia	Recursos didáticos	Avaliação	Pontos
1	Fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais	Jogo educacional digital	Computador e ferramentas <i>web</i>	Não haverá avaliação	Não haverá distribuição de pontuação

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Quadro 4 - Detalhamento do momento 3

Data: conforme calendário acadêmico					
Tema: fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais					
Objetivos: acompanhar o processo de aprendizagem dos alunos					
Conteúdos: conceitos sobre fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais					
	Unidade Didática	Metodologia	Recursos didáticos	Avaliação	Pontos
1	Fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais	Aula expositiva dialogada	Computador e ferramentas de <i>web</i> conferência	Não haverá avaliação	Não haverá distribuição de pontuação

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Quadro 5 - Detalhamento do momento 4

Data: conforme calendário acadêmico					
Tema: fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais					
Objetivos: utilizar jogo educacional digital visando auxiliar no processo de ensino-aprendizagem do problema de fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais					
Conteúdos: jogo educacional digital sobre fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais					
	Unidade didática	Metodologia	Recursos didáticos	Avaliação	Pontos
1	Fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais	Jogo educacional digital	Computador e ferramentas <i>web</i>	Jogo educacional digital	10 pontos (10% da pontuação total do semestre)

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Quadro 6 - Detalhamento do momento 5

Data: conforme calendário acadêmico					
Tema: fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais					
Objetivos: discutir e avaliar os resultados alcançados pelos alunos					
Conteúdos: conceitos sobre fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais					
	Unidade Didática	Metodologia	Recursos didáticos	Avaliação	Pontos
1	Fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais	Aula expositiva dialogada	Computador e ferramentas de <i>web</i> conferência	Não haverá avaliação	Não haverá distribuição de pontuação

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

3.2 JOGO EDUCACIONAL DIGITAL PROPOSTO

A estrutura básica do jogo educacional digital proposto consiste em apresentar ao usuário (discente) situações-problema sobre o tema “fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais”, explorando as diversas etapas de solução do fluxo de potência. A cada acesso, uma nova rede de distribuição de energia elétrica será selecionada, dentre as opções existentes, e será apresentada ao usuário. O jogo irá conduzir o usuário pelas etapas de solução do problema, solicitando que ele realize as ações seguintes de forma correta.

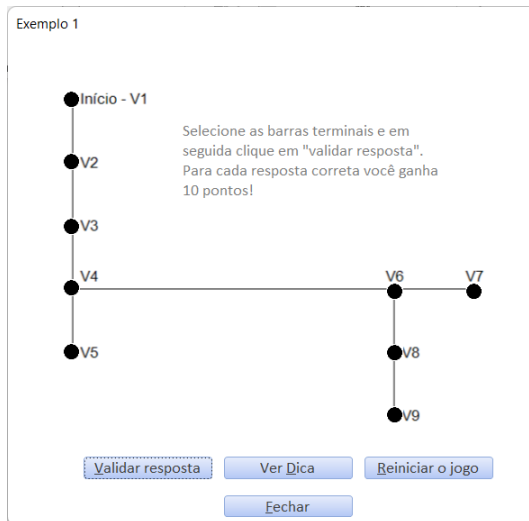
Na sequência, são apresentados dois exemplos de funcionamento da dinâmica do jogo educacional digital proposto. Em um primeiro exemplo, é ilustrado na Figura 3 um dos casos que poderá ser apresentado ao usuário⁶. Neste exemplo, o jogo solicita ao usuário que identifique e selecione as barras terminais da rede⁷ (Figura 3-a); em caso de acerto, o jogo mostra ao usuário a confirmação de que acertou (Figura 3-b) e a pontuação associada ao seu acerto; e em caso de erro ou acerto parcial, o jogo mostra ao usuário a pontuação associada e a resposta correta (Figura 3-c). O jogo também permite que o usuário se beneficie de uma dica,

⁶ Imagens ilustrativas obtidas a partir da versão preliminar do jogo educacional digital proposto, disponível em https://drive.google.com/drive/folders/1CsZASululsWy0VxKxk-eAtDymTODR4_W?usp=sharing.

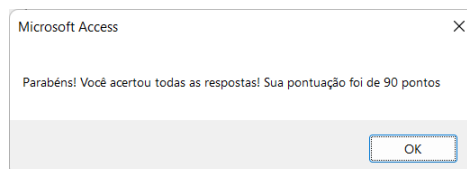
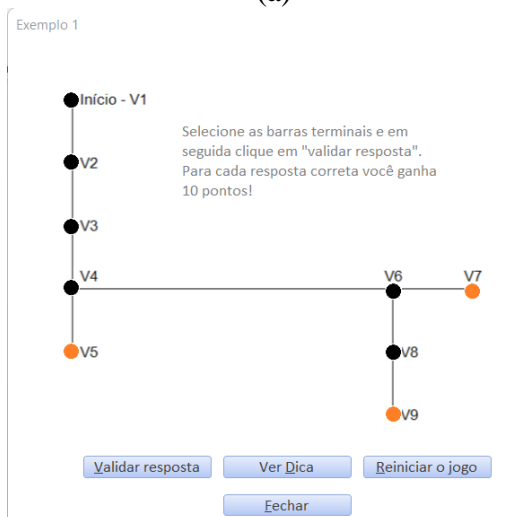
⁷ Os conceitos necessários sobre a definição de barras terminais da rede são apresentados aos discentes no momento 1 – Quadro 1 e Quadro 2.

para auxiliá-lo na determinação da resposta correta; neste caso, a pontuação em caso de acerto é reduzida.

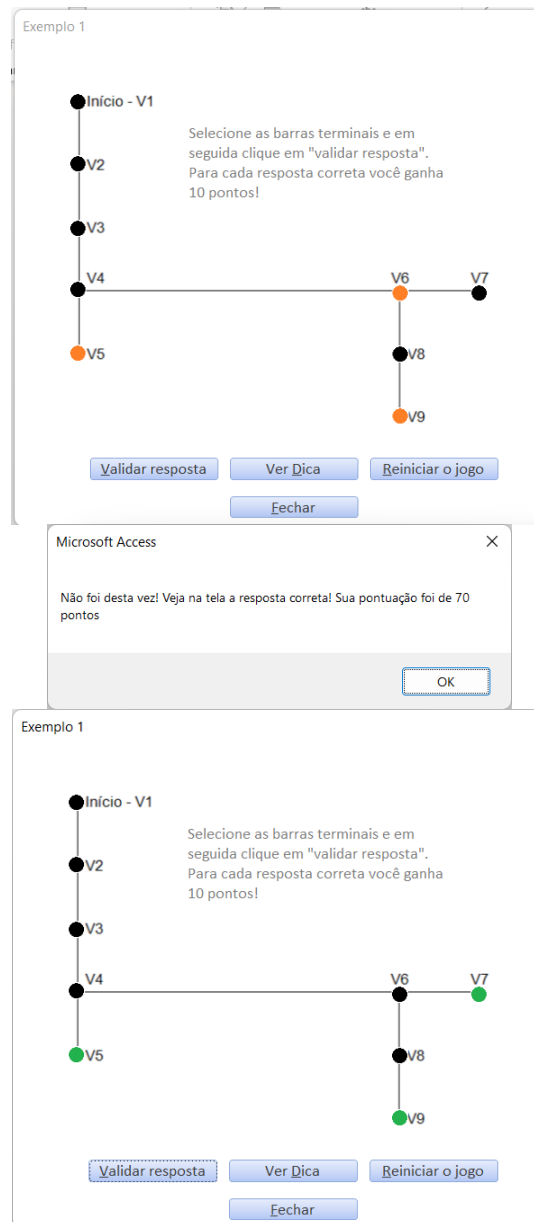
Figura 3 – Esquema representativo da dinâmica do jogo educacional digital proposto – barras terminais: (a) jogo solicita ação ao usuário; (b) resposta do jogo em caso de acerto; e (c) resposta do jogo em caso de erro ou acerto parcial.



(a)



(b)



(c)

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Em um segundo exemplo, o jogo apresenta ao usuário a diferença entre os valores reais e estimados de tensão para a barra inicial⁸ (Figura 4-a); em seguida o usuário deve indicar se o algoritmo atingiu sua convergência ou se ainda deve continuar em execução⁹. Em caso de acerto, o jogo mostra ao usuário a confirmação de que acertou (Figura 4-b) e em caso de erro,

⁸ Imagens ilustrativas obtidas a partir da versão preliminar do jogo educacional digital proposto, disponível em https://drive.google.com/drive/folders/1CsZASululsWy0VxKxk-eAtDymTODR4_W?usp=sharing.

⁹ Os conceitos necessários sobre os critérios de convergência são apresentados aos discentes no momento 1 – Quadro 1 e Quadro 2.

o jogo mostra ao usuário a indicação de que sua resposta deve ser revista (Figura 4-c), bem como a resposta correta. O jogo também permite que o usuário se beneficie de uma dica, para auxiliá-lo na determinação da resposta correta; neste caso, a pontuação em caso de acerto é reduzida. Em todos os casos, poderá haver atribuição de pontuação diferenciada em função do tempo de resposta (respostas mais rápidas obtém pontuação maior).

A versão preliminar do jogo educacional digital proposto foi desenvolvida na plataforma Microsoft Access[®]. O desenvolvimento do jogo poderá também ganhar uma versão em plataforma *web* ou ainda na forma de aplicativos para *smartphones*.

Figura 4 – Esquema representativo da dinâmica do jogo didático proposto - tolerância: (a) jogo solicita ação ao usuário; (b) resposta do jogo em caso de acerto; e (c) resposta do jogo em caso de erro.

Exemplo 2

O valor real da tensão é de 1,02 pu e seu valor estimado nessa etapa é de 1,0195 pu. Considerando uma tolerância de $1e10^{-3}$, a execução do algoritmo foi finalizada?

Selecione sua resposta:

Sim

Não

Validar resposta Ver Dica Reiniciar o jogo

Fechar

(a)

Microsoft Access

Parabéns! Você acertou! Sua pontuação foi de 10 pontos

OK

(b)

Microsoft Access

Não foi desta vez! Veja na tela a resposta correta!

OK

(c)

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O processo ensino-aprendizagem de métodos numérico-computacionais é tipicamente um desafio para docentes e alunos. Na componente curricular em questão, Distribuição de Energia Elétrica, métodos numérico-computacionais são aplicados na solução do problema denominado “fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais”, tipicamente considerado um ponto de dificuldade pelos alunos, dada a complexidade do tema, que envolve conceitos de cálculo numérico e de sistemas elétricos de potência.

Visando facilitar este processo, alguns autores propuseram novas abordagens para o processo ensino-aprendizagem do problema de fluxo de potência. Esta parte da revisão bibliográfica foi conduzida a partir de 3 relevantes bases de artigos técnico-científicos para a área: *Google Scholar*, *IEEEExplore* e *Science Direct*, utilizando descritores “fluxo de potência”, “sistemas elétricos de potência”, “redes de distribuição de energia elétrica”, “ensino” e “aprendizagem”, de forma isolada e combinados parcialmente entre si, no idioma original (português) e suas versões traduzidas para o inglês. Dada a reduzida quantidade de artigos localizados, não foi aplicado filtro temporal à busca.

Antunes (2007) propôs em seu trabalho uma ferramenta didática para análise de fluxo de potência, focando na adaptação de três funcionalidades básicas: entrada de dados voltada a sistemas de pequeno porte, escolha simplificada de parâmetros, e exibição de resultados de forma gráfica.

Segundo Donadel *et al.* (2018), há três grupos de abordagens distintas para o processo ensino-aprendizagem do problema de fluxo de potência: a utilização de ferramentas comerciais, a utilização de ferramentas acadêmicas prontas e a construção do próprio código pelo aluno. A utilização de ferramentas comerciais tipicamente impede a análise detalhada do problema, não apresentando os resultados intermediários de cálculo. Por outro lado, a construção do próprio código pelo aluno possui uma curva de aprendizado não condizente com o tempo disponível para o desenvolvimento das tarefas. Dessa forma, os autores propuseram uma ferramenta computacional acadêmica cujos passos intermediários de cálculos podem ser acessados pelos alunos.

Tonini (2018) propôs uma ferramenta online, com interface orientada ao ensino, para o cálculo recursivo do fluxo de potência. Sua proposta visa preencher a lacuna por uma ferramenta que seja de uso livre, de fácil acesso e focada no uso em sala de aula.

Thurner *et al.* (2018) propuseram uma ferramenta computacional *open-source*¹⁰ para análise de sistemas de potência, incluindo uma ferramenta de fluxo de potência. Sua implementação foi realizada em *Python*¹¹, o que permite sua fácil utilização e incorporação em aplicações derivadas.

Oliveira (2019); Oliveira *et al.* (2019) desenvolveram uma ferramenta computacional de código aberto, com recursos avançados de interface gráfica, contando com ferramentas CAD, permitindo a construção/edição de qualquer rede elétrica por meio da manipulação de elementos visuais.

Çınar e Kaygusuz (2021) propuseram uma ferramenta educacional de fluxo de potência ótimo, desenvolvida em MATLAB^{®12}, adaptada ao ambiente *Smartgrid* (redes elétricas inteligentes) e voltada para estudantes de graduação e pós-graduação. A ferramenta possui interface simples, permitindo aos estudantes seu uso sem maiores dificuldades.

Jogos educacionais vêm sendo aplicados em diversos processos de ensino-aprendizagem, ligados à Engenharia Elétrica e áreas afins. Esta parte da revisão bibliográfica foi conduzida de forma semelhante a primeira, utilizando descritores “engenharia elétrica” e “jogos educacionais”, combinados entre si, no idioma original (português) e suas versões traduzidas para o inglês. Foi aplicado filtro de temporalidade a partir de 2015.

Bettoni *et al.* (2014) propuseram um jogo digital educativo sobre o tema energias renováveis. O jogo buscou reunir características como desafio, motivação, sensação de progresso e controle do aprendizado.

¹⁰ Ferramenta de código aberto, cujo código fonte está disponível para o usuário. Seu uso está sujeito ao tipo de licença adotada.

¹¹ Linguagem de programação.

¹² Ferramenta computacional de programação e cálculo numérico.

Sales (2019) propôs um ambiente virtual do tipo jogo sério para auxiliar no ensino-aprendizagem de instalações elétricas prediais, por meio da plataforma *Construct 2*[®], gratuita e de fácil compreensão.

Santiago (2019) propôs uma aplicação móvel interativa para instaurar mudanças de comportamento visando o aumento da eficiência energética, utilizando elementos de ludificação. Luz (2019) segue linha semelhante ao propor um jogo em grupo baseado em plataforma *web* para aumentar a eficiência energética em habitações.

Amorim e Pellini (2020) propuseram a uma planta virtual que utilize os conceitos e tecnologias da Indústria 4.0¹³ para ser utilizada no ensino de automação e controle.

Júnior e Filho (2020) propuseram um jogo educacional para auxiliar no ensino do conteúdo de circuitos elétricos, utilizando personagens e história lúdicos, facilitando a interação com o usuário.

Também foi conduzida uma revisão bibliográfica buscando trabalhos relacionados mutuamente aos descritores “fluxo de potência” e “jogos educacionais”. De forma semelhante às primeiras ações, utilizou-se destes descritores, combinados entre si, no idioma original (português) e suas versões traduzidas para o inglês, sem filtro de temporalidade. Diante da revisão bibliográfica realizada, não foram localizados trabalhos utilizando jogos educacionais no processo ensino-aprendizagem da temática “fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais”, mostrando o ineditismo da proposta.

¹³ Conceito de uma nova indústria, englobando as principais inovações do campo tecnológico: controle/automação e tecnologias da informação e comunicação (TICs).

5 METODOLOGIA PROPOSTA

5.1 LOCUS E SUJEITOS DA PESQUISA

Quando de sua aplicação, a presente proposta de intervenção pedagógica será realizada no Ifes *campus* Vitória, com alunos do 9º período do Curso Superior em Engenharia Elétrica. A componente curricular Distribuição de Energia Elétrica é ofertada anualmente. Dado o caráter optativo da componente curricular e a reduzida quantidade de alunos, poderá ser necessário a aplicação da presente metodologia em mais de uma turma da componente curricular Distribuição de Energia Elétrica, para se atingir amostragem suficiente para embasar as conclusões sobre sua aplicação.

5.2 METODOLOGIA DA PESQUISA

De acordo com Gerhardt e Silveira (2009), a pesquisa pode ser classificada de diferentes formas: abordagem, natureza, objetivos e procedimentos. Quanto à abordagem, a presente pesquisa tem caráter qualitativo e quantitativo. Quanto à natureza, esta pesquisa pode ser classificada como pesquisa aplicada. Quanto aos objetivos, esta pesquisa pode ser classificada como descritiva. E quanto aos procedimentos, esta pesquisa pode ser classificada como estudo de caso.

A presente pesquisa apresenta uma proposta de intervenção pedagógica e até o momento não foi aplicada junto aos alunos do Curso Superior em Engenharia Elétrica do Ifes *campus* Vitória. Trata-se, portanto, de uma pesquisa de caráter exploratório, com base no aporte teórico e bibliográfico discutido e a apresentação de uma proposta de intervenção, sem dados a serem analisados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa propôs uma intervenção pedagógica por meio da utilização de um jogo educacional digital como metodologia ativa no processo de ensino-aprendizagem da componente curricular Distribuição de Energia Elétrica, optativa do 9º período do Curso Superior em Engenharia Elétrica do Ifes *campus* Vitória. A temática abordada foi “fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais”, tipicamente considerada um ponto de dificuldade pelos alunos, dada a complexidade do tema.

As metodologias ativas contrastam com o modelo tradicional de ensino, nos quais os alunos são considerados unicamente receptores passivos de conhecimento; uma de suas possibilidades é justamente a utilização de jogos educacionais digitais. Jogos educacionais digitais vêm sendo utilizados com sucesso no processo ensino-aprendizagem de diversas áreas do conhecimento, incluindo-se subáreas da Engenharia.

A intervenção está estruturada em 5 momentos, envolvendo conceitos teóricos e a utilização do jogo educacional digital proposto. É esperado que intervenção proposta possa ser aplicada como facilitadora do processo de ensino-aprendizagem do tema “fluxo de potência em redes de distribuição de energia elétrica radiais”, para ser executada na modalidade EaD. Entretanto, dado o reduzido quantitativo de alunos tipicamente matriculados em componentes curriculares optativas no Curso Superior em Engenharia Elétrica do Ifes *campus* Vitória, poderá ser necessário a aplicação da presente proposta em mais de uma turma da componente curricular Distribuição de Energia Elétrica, para se atingir amostragem suficiente para embasar as conclusões sobre sua aplicação.

Diante do exposto, foi possível atingir os objetivos propostos: jogos educacionais digitais se mostraram como uma tecnologia educacional adequada para ser utilizada no contexto da Engenharia Elétrica, de forma análoga ao que vêm sendo feito em diversas outras áreas do conhecimento. Além disso, uma intervenção pedagógica sobre o tema de estudo foi devidamente proposta, envolvendo a utilização do jogo educacional digital como objeto de aprendizagem. Espera-se que a aplicação da presente proposta contribua para o desenvolvimento dos aspectos relacionados ao ensino-aprendizagem da componente curricular “Distribuição de Energia Elétrica”, aumentando o engajamento dos discentes, contribuindo para o desenvolvimento dos futuros profissionais e da sociedade.

REFERÊNCIAS

ADALBERTO AYJARA, D. F. **Fundamentos de Cálculo Numérico**. Bookman, 2016.

ALBINO, J. P.; AZEVEDO, M. L. D. A evolução do EAD no ensino superior e suas tendências na educação Brasileira. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 28146-28155, 2020. ISSN 2525-8761.

ALVES, F. **Gamification: como criar experiências de aprendizagem engajadoras: um guia completo: do conceito à prática**. São Paulo: DVS Editora, 2015.

AMORIM, M. V. D.; PELLINI, E. L. Metodologia para aplicação de técnicas de Gamificação e Planta Virtual no curso de Automação. IX Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2020), 2020. p.441-450.

ANTUNES, V. J. L. **Desenvolvimento de um Software Didático para Análise do Cálculo do Fluxo de Potência – PF ANALYST**. 2007. 79 (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BETTONI, M. *et al.* Produção de um jogo digital educativo sobre energias renováveis. 4º Seminário de Pesquisa, Extensão e Inovação do IFSC, 2014. p.01-04.

CARVALHO, A. L.; KAMISATO, M. D. S. Utilização de jogos em engenharia de produção: estudo bibliométrico focado em publicações nacionais. **Brazilian Journal of Business**, v. 2, n. 1, p. 317-327, 2019. ISSN 2596-1934. Disponível em: < <https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BJB/article/view/7262> >.

CHIOFI, L. C.; OLIVEIRA, M. R. F. D. O Uso das Tecnologias Educacionais como Ferramenta Didática no Processo de Ensino e Aprendizagem. III Jornada de Didática: Desafios para a Docência, 2014. p.329-337.

ÇINAR, M.; KAYGUSUZ, A. The practical power flow analysis program based on matlab GUI developed for educational purposes for students in smart grids: Oyamatlab. **The International Journal of Electrical Engineering & Education**, p. 00207209211013471, 2021. ISSN 0020-7209. Disponível em: < <https://doi.org/10.1177/00207209211013471> >. Acesso em: 2021/12/23.

COTONHOTO, L. A. **Material da disciplina Práticas Pedagógicas - Pós-graduação lato sensu em Práticas Pedagógicas** 2021.

CUBA, G. P. D. **Jogos sérios: tecnologia de jogos por computador aplicada ao ensino e aprendizagem**. 2009. (Graduação em Ciência da Computação). Departamento de Ciência da Computação (DCC), Universidade Federal de Goiás, Catalão.

DIESEL, A.; SANTOS BALDEZ, A. L.; NEUMANN MARTINS, S. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, v. 14, n. 1, p. 268-288, 02/23 2017. Disponível em: <
<https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/404> >. Acesso em: 2022/05/14.

DINIZ, P. C. A. **Utilização de Rádio definido por Software e Metodologias Ativas no Ensino em Engenharia Elétrica**. 2019. (Doutorado em Engenharia Elétrica). Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

DONADEL, C. B.; FARDIN, J. F.; ENCARNAÇÃO, L. F. Educational tool for radial electrical distribution networks analysis and optimization studies involving distributed generation units. **The International Journal of Electrical Engineering & Education**, v. 55, n. 1, p. 3-13, 2018/01/01 2018. ISSN 0020-7209. Disponível em: <
<https://doi.org/10.1177/0020720917750953> >. Acesso em: 2020/07/30.

FEOFILOFF, P.; KOHAYAKAWA, Y.; WAKABAYASHI, Y. **Uma Introdução Sucinta à Teoria dos Grafos**. 2005.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. 120p. ISBN 978-85-386-0071-8. Disponível em: <
<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/213838/000728731.pdf?sequence=1> >.

GUZZO, D. A. **A utilização de jogos educacionais digitais como proposta de metodologia ativa de ensino para uma aprendizagem significativa na educação básica**. 2020. (Graduação em Licenciatura em Computação). Departamento de Tecnologia da Informação (DTecInf), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

IFES. **Regulamento da Organização Didática dos Cursos de Graduação do Instituto Federal do Espírito Santo nas Modalidades Presencial e a Distância**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. Vitória. 2017

_____. **Regulamento da Organização Didática - ROD dos Cursos de Pós-Graduação de Formação Continuada e Programas Stricto Sensu do Ifes**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. Vitória. 2019

_____. **Resolução do Conselho Superior nº 1, de 7 de Maio de 2020**. Vitória 2020.

_____. **Resolução do Conselho Superior nº 36, de 23 de Julho de 2021**. Vitória 2021.

INNOVATION, C. F. E. Active learning. 2018. Disponível em: < <https://cei.umn.edu/active-learning> >.

JÚNIOR, J. C. F. A.; FILHO, N. F. D. Electric RPG: Jogo educacional com foco no auxílio do ensino e aprendizagem da disciplina de circuitos elétricos desenvolvido sobre a plataforma Unity. 11º Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica do IFSP, 2020.

JURKIEWICZ, S. **Grafos - Uma Introdução**. 2009.

KAGAN, N.; OLIVEIRA, C. C. B. D.; ROBBA, E. J. **Introdução aos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica**. 1ª Edição. São Paulo: Blucher, 2005.

KERSTING, W. H. **Distribution System Modeling and Analysis**. CRC Press, 2002.

LUZ, T. F. N. A. D. **A utilização de técnicas de jogo de grupo para aumentar a eficiência energética em habitações**. 2019. (Mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

MEDEIROS, L. R.; TAVARES, L. R. **Percepções sobre o uso da gamificação no ensino de genética a partir da aplicação do jogo Escape Room**. In: BEZERRA, Aline Peixoto; MORAIS, Débora Katiene Praxedes Costa; SOUZA, Francisca Vilani de. **Educação no cenário da contemporaneidade: limites e possibilidades**. Rio de Janeiro: Editora e-Publicar, 2021.

MEIRA, L.; BLIKSTEIN, P. **Ludicidade, jogos digitais e gamificação na aprendizagem**. Porto Alegre: Penso, 2020.

NOVAIS, A. F. O. *et al.* Business games, serious games and gamification in the teaching of Production Engineering: a content analysis in the abstracts of academic articles published in the annals of National Meeting of Production Engineering (ENEGEP). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e4410111485, 01/02 2021. Disponível em: < <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/11485> >. Acesso em: 2022/05/14.

OLIVEIRA, T. L. **Desenvolvimento de um Programa Computacional Livre, Gráfico, e Multiplataforma para Analisar Sistemas Elétricos de Potência em Regime Permanente e Dinâmico**. 2019. 287 (Doutorado em Ciências - Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

OLIVEIRA, T. L. *et al.* Power system education and research applications using free and open-source, graphical and multiplatform PSP-UFG software. **The International Journal of Electrical Engineering & Education**, p. 0020720919879058, 2019. ISSN 0020-7209. Disponível em: < <https://doi.org/10.1177/0020720919879058> >. Acesso em: 2021/12/28.

SALES, L. M. R. **Ambiente Virtual para Auxílio no Ensino e Aprendizagem de Projetos de Instalações Elétricas Prediais**. 2019. (Graduação em Engenharia Elétrica). Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SANCHES, M. H. B. **Jogos digitais, gamificação e autoria de jogos na educação**. São Paulo: Editora Senac, 2021.

SANTIAGO, P. **Aplicação móvel ludificada para promover a mudança comportamental na área da eficiência energética**. 2019. (Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Universidade do Porto, Porto.

SANTOS, S. H. N. **Desenvolvimento de um jogo educacional para o ensino de riscos e mitigações em engenharia de software**. 2019. (Graduação em Ciência da Computação). Universidade Federal do Maranhão, São Luís.

SOUZA, C. A.; TORRES-MORALES, O. E. **Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens (vol. II)**. Ponta Grossa: UEPG/PROEX, 2015.

THURNER, L. *et al.* Pandapower—An Open-Source Python Tool for Convenient Modeling, Analysis, and Optimization of Electric Power Systems. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 33, n. 6, p. 6510-6521, 2018. ISSN 1558-0679.

TONINI, L. G. R. **Plataforma Online para Ensino de Sistemas Elétricos de Potência**. 2018. 60 (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.