



APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM ELETRÔNICA ATRAVÉS DO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM PEDAL DE GUITARRA

USE OF ALTERNATIVE METHODS AND COMPUTATIONAL TOOLS FOR APPLIED TEACHING OF
MECHANICS OF MATERIALS

Felipe José Coelho Pedroso¹, Susilea Abreu dos Santos Lima²,
Emanuella Aparecida Fontan³

DOI: 10.37702/REE2236-0158.v42p362-379.2023

RESUMO: Este artigo apresenta o projeto e a construção de um pedal de guitarra como linha condutora e tem como objetivo geral a aprendizagem significativa em eletrônica utilizando dispositivos e componentes eletrônicos semicondutores. O objetivo geral é alcançado por meio de um alinhamento construtivo entre os objetivos intermediários claramente definidos, as atividades desenvolvidas e os sistemas de avaliação formativa e continuada adotados. O aluno percorre uma trilha de aprendizagem composta por seis etapas: sala de aula, projeto personalizado, simulação, testes na bancada, construção do protótipo e apresentação dos resultados. Como entregáveis e resultados mensuráveis temos um relatório escrito, a elaboração de um vídeo e a apresentação ao vivo. A trilha trabalha nos diversos níveis da taxonomia de Bloom, conferindo suporte ao aluno para desenvolvimento de habilidades e competências técnicas e comportamentais (*hardskills* e *softskills*). As inovações e desafios apresentados aos alunos durante sua jornada na trilha de aprendizagem permitem um maior engajamento e, simultaneamente, atendem ao perfil e às competências esperadas do egresso e estabelecidas pelas DCNs das Engenharias.

PALAVRAS-CHAVE: aprendizagem significativa; taxonomia de Bloom; alinhamento construtivo; eletrônica; pedal de guitarra.

ABSTRACT: This paper presents the design and building of a guitar pedal as a guideline and overall goal for effective learning in electronics using semiconductor electronic devices and components. The main objective is reached through a constructive alignment of the clearly specified intermediate objectives, the activities developed, and the formative and continuous evaluation processes adopted. The student goes through six stages of learning: classroom, individualized project, simulation, bench tests, prototype fabrication, and presentation of the results. We have a written report, the creation of a film, and a live presentation as outputs and measurable results. The track works on multiple levels of Bloom's taxonomy, assisting students in the development of technical and behavioral abilities (*hardskills* and *softskills*). The innovations and challenges presented to students during their learning journey allow for greater engagement while also meeting the egress profile and competencies established by national engineering curriculum guidelines.

KEYWORDS: meaningful learning; Bloom's taxonomy; constructive alignment; electronics; guitar pedal.

¹ Mestre em Engenharia Elétrica (UFES), coordenador geral de Tecnologia da Universidade Vila Velha (UVV) e doutorando em Administração (FGV-EBAPE), felipe.pedroso@uvv.br

² Mestre em Informática (UFES), coordenadora dos cursos de Ciência da Computação e Sistemas de informação da Universidade Vila Velha (UVV) e doutoranda em Administração (FGV-EBAPE), sabreu@uvv.br

³ Mestre em Engenharia de Produção (UENF), docente da Universidade Vila Velha (UVV) e doutoranda em Administração (FGV-EBAPE), emanuella.fontan@uvv.br



INTRODUÇÃO

A Eletrônica é uma área da Engenharia Elétrica ligada aos componentes e dispositivos eletrônicos e possui como um de seus pilares fundamentais o estudo dos elementos semicondutores. Em sua forma introdutória, muitas vezes denominada de Eletrônica Básica ou Eletrônica Analógica, entre outras, compreende conteúdo de formação específica e profissional estabelecido pelas Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia – DCNs Engenharias (BRASIL, 2019). Sua ementa, em geral, inclui dispositivos semicondutores e, especificamente, diodos, transistores de junção bipolar (TJB) e transistores de efeito de campo (FET, do inglês, *field effect transistor*). O conteúdo de Eletrônica é inserido na parte intermediária da matriz curricular por ser subsequente aos conteúdos relacionados aos elementos de circuitos elétricos. Dessa forma, o aluno possui uma bagagem ferramental matemática e noções de elementos elétricos (como resistores, capacitores e fontes) operando isoladamente ou em contextos menores. É esperado que esse repertório seja utilizado e se desenvolva na resolução de problemas de eletrônica que apresentam um nível maior de complexidade. Além disso, são introduzidos desafios de análise crítica e desenvolvimento de projetos. Essa diversidade permite que o aluno se posicione mais próximo do campo da aplicação dos dispositivos elétricos-eletrônicos e, conseqüentemente, mais afastado de problemas que exigem apenas cálculos e respostas objetivas. Além disso, a disciplina de Eletrônica forma as bases para prosseguimento em áreas correlatas como a Eletrônica digital, a Instrumentação e o Controle e automação

Nesse contexto, o docente possui vários desafios ao ministrar a disciplina, incluindo, mas não limitados a: engajar os alunos nas novas dinâmicas educacionais; trabalhar com abstrações de ordem matemáticas advindas do processo de modelagem dos dispositivos eletrônicos; trabalhar com abstrações físicas, inerente aos próprios dispositivos eletrônicos que, muitas vezes, manifestam-se apenas através de medições realizadas; desenvolver, além dos conhecimentos técnicos, as habilidades e práticas em eletrônica que extrapolam a sala de aula tradicional e demandam recursos de laboratório, manuseio de equipamentos e utilização de manuais e documentos técnicos de fabricantes (como folha de dados); e equilibrar o volume e a sincronização de teoria e prática.

As seções subsequentes deste artigo estão estruturadas da seguinte forma: a próxima seção apresenta uma revisão da literatura com foco na aprendizagem significativa, taxonomia de Bloom, alinhamento construtivo e estilos de aprendizagem; a seção seguinte apresenta as demandas de competências,



habilidades e atitudes técnicas e comportamentais (*softskills* e *hardskills*), além da aprendizagem continuada (*lifelong learning*); a seção subsequente apresenta o projeto e a construção de um pedal de guitarra como linha condutora para aprendizagem significativa de eletrônica; a última seção, por fim, apresenta as conclusões.

REVISÃO DE LITERATURA

A aprendizagem é um processo pelo qual os indivíduos adquirem novos conhecimentos e habilidades a partir da experiência, da orientação ou da observação. Ela envolve mudanças na compreensão e no comportamento do indivíduo, e pode ocorrer em diversos contextos, tais como a escola, o trabalho, a família e a comunidade (ORMROD, 2014). A aprendizagem pode ocorrer de forma consciente ou inconsciente e pode ser influenciada por fatores internos e externos ao aluno. Durante esse processo, esse aluno modifica os seus esquemas mentais existentes ou cria novos esquemas. Devido a toda complexidade envolvida no processo de aprendizagem é importante considerar que múltiplos fatores podem influenciar esse processo, tais como: características individuais do aluno (idade, história familiar, nível socioeconômico e cultural), ambiente de aprendizagem, estratégias de ensino e interação entre esses elementos (SCHUNK, 2016).

O estudo da aprendizagem tem sido abordado por diferentes disciplinas, como a Psicologia, a Educação e a Neurociência, e tem sido objeto de estudo ao longo do tempo, com diversas teorias e modelos sendo propostos para explicar como ela ocorre. Dentro do contexto da evolução tecnológica que acontece no mundo, a disponibilidade dos recursos tecnológicos também tem sido estudada para ser utilizada como ferramenta de apoio ao processo de aprendizagem (CARVALHO, 2010).

Taxonomia de Bloom

Bloom (1956) apresenta uma estrutura para categorizar os objetivos da educação denominada Taxonomia de Objetivos Educacionais, conhecida como Taxonomia de Bloom. É formada por um conjunto de três domínios utilizados para classificar os objetivos da aprendizagem, dependendo de sua complexidade e especificidade: cognitivo, afetivo e psicomotor (CONKLIN, 2005). O domínio cognitivo dessa estrutura era formado por seis categorias: conhecimento;



compreensão; aplicação; análise; síntese; e avaliação, sendo estruturadas em níveis de complexidade crescente. Para alcançar uma nova habilidade ou competência, o estudante deve ter dominado, como também, adquirido a habilidade do nível anterior (BRAME, 2019). Com as novas tecnologias e formas de aprendizagem incorporadas ao sistema educacional atual, houve a necessidade de reavaliação dos pressupostos teóricos que sustentam a estrutura original.

A Taxonomia de Bloom revisada busca o equilíbrio entre a estruturação da taxonomia original e os novos conhecimentos incorporados à educação nas últimas quatro décadas de existência (KRATHWOHL, 2002). Pode-se afirmar que a mais importante modificação na revisão está na estrutura original, a qual foi dividida em duas dimensões: processos cognitivos e processos do conhecimento. Os níveis cognitivos tomaram a forma verbal (lembrar, entender, aplicar, analisar, avaliar e criar), demonstrando com maior eficiência a ação pretendida e os resultados esperados com o objetivo educacional (RODRIGUES, 2013).

A taxonomia de Bloom é uma ferramenta importante para auxiliar os professores na definição de objetivos de aprendizagem claros bem como específicos, além de estimular habilidades cognitivas variadas dos estudantes. Ou seja, permanece como um relevante e apropriado instrumento da educação contemporânea.

Aprendizagem significativa

A evolução tecnológica tem transformado a forma como as pessoas aprendem e ensinam. Os recursos tecnológicos ajudam a tornar o processo de aprendizagem mais dinâmico e interativo, além de proporcionar novas oportunidades para a personalização do ensino. No entanto, a tecnologia pode criar uma ilusão de aprendizagem, uma vez que os estudantes podem simplesmente estar memorizando informações sem compreendê-las profundamente e perceber o seu maior propósito. Vale considerar também que o aprendizado passivo e superficial, que é incentivado por muitos recursos tecnológicos, pode prejudicar a capacidade dos estudantes de pensar criticamente e resolver problemas complexos (MORAN; MASETTO; BEHRENS, 2017). Aprender deve ocorrer por meio da interação entre processo de aprendizado e o processo de ensino e precisa trazer a compreensão de significados relacionados às experiências anteriores e às vivências pessoais dos estudantes, incentivando maior aprendizagem, desencadeando modificações de comportamento e contribuindo para a utilização do que é aprendido em diferentes situações. Para



que todo o processo seja realmente eficaz é preciso mais do que novas metodologias, recursos didáticos ou tecnológicos, é necessária uma aprendizagem significativa (BRUM, 2014).

A teoria da aprendizagem significativa se refere à maneira de organizar o processo de aprendizagem em torno do processo de aprendizagem por descoberta (AUSUBEL, 1963). Os conteúdos são recebidos de modo não completamente finalizados e, portanto, o aluno deve defini-los ou “descobri-los” antes de assimilá-lo (BRUM, 2014).

Dessa forma, a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação é fundamentada em conhecimentos especificamente relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz, ou seja, novas ideias e conceitos podem ser aprendidos (e retidos) na medida em que outras ideias e conceitos relevantes estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do estudante e funcione como ponto de ancoragem para os primeiros (MOREIRA, 2003).

De acordo com a teoria de Ausubel (1963), a aprendizagem significativa apresenta três vantagens relevantes quando comparada com a aprendizagem por memorização: primeiro, o conhecimento que se adquire de maneira significativa é armazenado e lembrado por mais tempo; segundo, aumenta a capacidade de aprender outros conteúdos de uma forma mais simples, mesmo se a informação original for esquecida; e terceiro, uma vez esquecida facilita a aprendizagem seguinte (reaprendizagem). Essas vantagens são adquiridas pelos processos específicos e por meio dos quais se produz aprendizagem significativa. A interação entre a estrutura cognitiva pretérita do aluno e o conteúdo de aprendizagem se elucida em um processo de modificação mútua, tanto da estrutura cognitiva inicial e do conteúdo que é necessário aprender, gerando assim o núcleo da aprendizagem significativa (PELIZZARI, 2002).

Para que a aprendizagem significativa aconteça, algumas condições são necessárias, como: o estudante precisa ter disposição para aprender e o conteúdo a ser aprendido precisa ser potencialmente significativo. A predisposição do aluno a aprender é considerada a condição mais difícil de ser alcançada, porque não se trata apenas da motivação externa do aluno, mas da motivação interna, dependente da sua vontade permissiva. Entende-se como vontade permissiva quando, apesar do aluno não gostar da disciplina, ele se permite aprender porque entende que o conteúdo será útil para sua vida (SILVA, 2020). Nesse contexto, pode-se repensar e modificar as práticas docente em direção a uma aprendizagem significativa. O projeto de um pedal de guitarra na disciplina de eletrônica busca uma aprendizagem significativa.



Competências, habilidades e atitudes: técnicas e comportamentais

Chiavenato (2014), considerando o ambiente empresarial, afirma que Conhecimento (Saber) é o resultado de aprender a aprender e aumentar continuamente o conhecimento; Habilidade (Saber como fazer) consiste em utilizar conhecimentos, métodos, técnicas e equipamentos necessários para o desempenho de tarefas específicas, por meio da experiência e educação; e Atitude (Saber fazer acontecer) é o comportamento ativo e proativo, ele nos leva a exercitar a habilidade de um determinado conhecimento.

Já a Competência é a união entre conhecimento, habilidade e atitudes (CHIAVENATO, 2014). Ainda, de acordo com Brasil (2001), a competência é definida pela “capacidade de mobilizar múltiplos recursos numa mesma situação, entre os quais os conhecimentos adquiridos na reflexão sobre as questões pedagógicas e aqueles construídos na vida profissional e pessoal, para responder às diferentes demandas das situações de trabalho” (BRASIL, 2001, p. 30)

O conceito de competência vai além do sentido da palavra, que no conhecimento comum é utilizada para designar se um indivíduo é qualificado para realizar certa atividade. Pensando no conceito de competência, é possível afirmar que competência é a capacidade de mobilizar diferentes recursos cognitivos (conhecimentos, habilidades, valores etc.) para solucionar com pertinência e eficácia uma série de situações (PERRENOUD, 1999).

Além disso, pode-se mencionar que o conceito de competência é abrangente e que as competências são um conjunto integrado de conhecimentos, habilidades e atitudes que permitem que um indivíduo alcance resultados eficazes em uma determinada área de atuação (BOYATZIS, 1991). Para Fleury e Fleury (2001), competência é um saber agir responsável e reconhecido, o qual implica mobilizar, integrar, transferir conhecimentos, recursos e habilidades, que agreguem valor econômico à organização e valor social ao indivíduo.

Fica evidente que competência está intimamente relacionada ao desenvolvimento de conhecimento, habilidades e atitudes e pode variar de acordo com o contexto em que estiver inserido. Então os conceitos discutidos nessa seção não se limitam a um estoque de conhecimentos teóricos e empíricos detido pelo indivíduo, nem se encontra encapsulada na tarefa. As competências são um conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes que uma pessoa deve possuir para realizar uma determinada tarefa com eficácia e eficiência (LE BOTERF, 2003). Desse modo, é indispensável um alinhamento entre a prática educacional



proposta e o conjunto de habilidades, competências e atitudes que se espera atingir do aluno no processo de ensino-aprendizagem.

Competências e habilidades na aprendizagem

O desenvolvimento de competências, habilidades e atitudes contribuem diretamente na formação pessoal e profissional e, diante disso, as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores (BRASIL, 2001) propôs a formação de professores como preparação profissional para possibilitar que alunos possam experimentar, em seu próprio processo de aprendizagem, o desenvolvimento de competências necessárias para atuar nesse novo cenário, reconhecendo-as como parte de uma trajetória de formação permanente ao longo da vida.

O ensino de habilidades técnicas (*hardskills*) deve ser baseado em currículos atualizados e em constante evolução, que reflitam as necessidades do mercado de trabalho e as mudanças na tecnologia e na indústria (WEC, 2020). Por sua vez, o ensino de habilidades comportamentais (*softskills*) deve ser incorporado em todos os níveis de educação, desde o Ensino Fundamental até o Ensino Superior, a fim de garantir que os estudantes desenvolvam habilidades sociais e emocionais necessárias para o sucesso pessoal e profissional (NGOC, 2022).

Aliados ao desenvolvimento de habilidades técnicas e comportamentais, desenvolvidas no indivíduo no ensino, dedicado à sua formação profissional, surge no contexto do mundo pós-moderno, os desdobramentos práticos do *Lifelong Learning*. O *Lifelong Learning*, integrante ambiente de ensino contemporâneo, tem seu início em meados dos anos 70 do século XX, nos Estados Unidos. Porém, é em 1996 que ele alcança seu reconhecimento global com o Relatório da Educação para o Século XXI criado pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), lançado junto à Conferência Ministerial da OECD (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) (GHISLENI; BECKER; CANFIELD, 2020).

As definições conceituais do *Lifelong learning* são consideradas bastante simples e diretas, têm relação direta com sua tradução "aprendendo ao longo da vida", em que se afirma a deliberação de que a aprendizagem pode e deve ocorrer ao longo da vida de cada indivíduo (CROPLEY; KNAPPER, 2020). Contrapondo-se a essa simplicidade conceitual, as projeções dos resultados para o desenvolvimento do *Lifelong learning* são potencialmente abrangentes, considerando a capacidade transformacional a ele aferido, fazendo emergir a



capacidade de mudar a estrutura educacional até então baseada no conteúdo para uma centrada no desenvolvimento das habilidades individuais (GHISLENI; BECKER; CANFIELD, 2020).

Sendo assim, defender uma proposta de aprendizagem baseada no desenvolvimento de competências e habilidades, associação de teoria e prática, pode apresentar grandes vantagens em relação aos sistemas tradicionais de ensino no qual o estudante precisa se adaptar a um modelo já existente. O *Lifelong learning* propõe um ensino com capacidade de adaptação à evolução do indivíduo.

Alinhamento construtivo

O alinhamento construtivo é uma teoria de aprendizagem baseada em resultados na qual os objetivos do processo de ensino-aprendizagem são estabelecidos a priori (BIGGS, 2014). Para tal, utiliza-se um *framework* estruturado em quatro pilares: i) são definidos os resultados esperados para uma atividade e associa-se um ou dois verbos para sua execução, bem como são definidos os tópicos que serão abordados e seu contexto; ii) as atividades são desenvolvidas em um contexto de ensino-aprendizagem coerente com o verbo associado aos objetivos previamente estabelecidos (calcular, projetar, simular, testar, construir e apresentar, por exemplo); iii) atividades de avaliação que consideram os mesmos verbos são aplicadas; e iv) essas atividades compõem a nota final do aluno (BIGGS; TANG, 2011).

O alinhamento entre objetivos-atividades-avaliações permite que o estudante seja avaliado pelas competências, habilidades e atitudes necessárias para alcançar os objetivos propostos. Assim, o aluno consegue focar especificamente no que foi definido previamente como mais importante. Isso evita situações em que, por exemplo, o aluno é avaliado por uma prova teórica diferente dos conteúdos e atividades praticadas. Ou seja, se o objetivo é projetar um circuito eletrônico, o aluno deve possuir as referências e contexto que o permitam projetar o circuito e ele deve ser avaliado pelo desenvolvimento do projeto.

O alinhamento construtivo permite que o estudante seja o protagonista do processo de ensino-aprendizagem, tornando-se mais ativo e promovendo o desenvolvimento de sua autonomia, habilidades, atitudes e competências. Nesse cenário o professor deve atuar como um facilitador do processo e responsável por alinhar objetivos-atividades-avaliação.



Tanto o docente quanto o discente se beneficiam do alinhamento construtivo. O professor consegue: definir com clareza e precisão os objetivos de aprendizagem; elaborar atividades de aprendizagem inovadoras e que geram engajamento; promover uma avaliação mais justa; compreender melhor a relação objetivo-atividade-avaliação; e atingir uma maior qualidade no processo de ensino-aprendizagem. O aluno consegue: compreender a relação das atividades propostas e os objetivos de aprendizagem; desenvolver habilidades, competências e atitudes relevantes para a formação profissional e pessoal; preparar-se para o mercado de trabalho e para a sociedade em geral; participar de forma mais ativa nas atividades; compreender melhor o que é esperado do processo de avaliação; e enxergar a aprendizagem de forma mais significativa e engajadora.

PROJETO E CONSTRUÇÃO DO PEDAL

Considerando a aprendizagem significativa, a taxonomia de Bloom, o alinhamento construtivo e a demanda pelo desenvolvimento de habilidades técnicas e comportamentais, foram propostas a utilização de um projeto e a construção de um pedal de guitarra como objetivo geral da disciplina de Eletrônica. O pedal de guitarra é um dispositivo eletrônico conectado entre a guitarra e a caixa amplificadora de som com objetivo de alterar o som do instrumento musical, conferindo efeitos sonoros às músicas e estabelecendo assinaturas únicas na relação configuração do pedal – guitarrista. Entre os pedais mais famosos podemos citar o *overdrive*, *chorus*, *delay* e *reverb*. A parametrização/configuração dos pedais é aplicada nos diversos gêneros musicais e são essenciais para conferir identidade musical e alma ao instrumento.

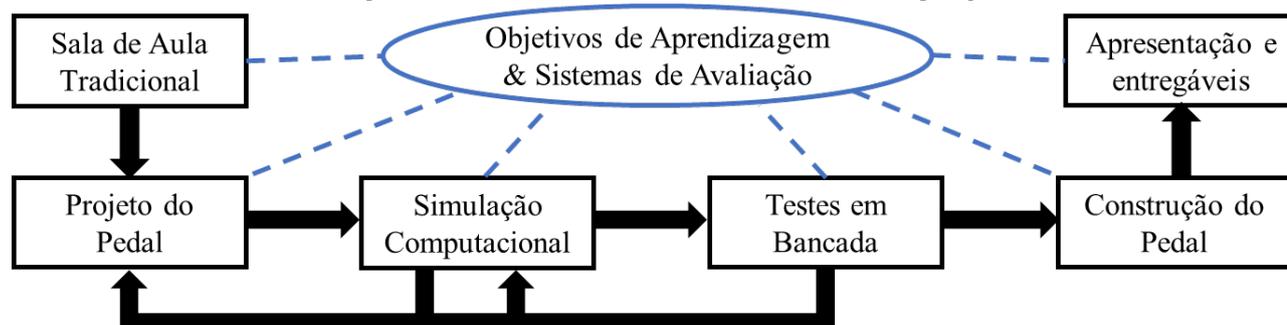
O pedal de guitarra é utilizado como fio condutor da disciplina porque estimula um maior engajamento dos alunos ao atuar de forma lúdica, é capaz de remover barreiras decorrentes de abstrações matemáticas, além de possuir efeitos construídos com diodos e transistores, os elementos básicos da disciplina.

A trilha que o aluno percorre ao longo da concepção e da confecção do pedal de guitarra é capaz de integrar as diferentes demandas esperadas da disciplina, além de proporcionar um engajamento dos alunos. O aluno transpõe diversos objetivos intermediários para atingir o objetivo geral e cada objetivo intermediário está associado à parte da ementa da disciplina e às habilidades técnicas e comportamentais desejadas. O aluno desenvolve *hardskills* e *softskills* em



uma trilha de aprendizagem composta por seis etapas (Figura 1): sala de aula, elaboração de projeto personalizado, simulação, testes na bancada, construção do protótipo e apresentação dos resultados. Como entregáveis e resultados mensuráveis e avaliativos são exigidos três itens: relatório escrito, vídeo e apresentação ao vivo. As atividades são desenvolvidas em equipes compostas por três alunos.

Figura 1 – Fluxo e etapas da trilha de aprendizagem com alinhamento construtivo entre etapas, objetivos intermediários e sistemas de avaliação)



Fonte: elaborada pelos autores.

Trilha de Aprendizagem

A primeira etapa da trilha de aprendizagem compreende o processo mais próximo da sala de aula tradicional e com maior foco em aulas expositivas. Essa etapa consolida as bases teóricas fundamentais para as demais etapas de aprendizagem e possui como objetivo intermediário compreender o funcionamento e modelagem dos dispositivos semicondutores. O aluno deve ser capaz de reconhecer, identificar, descrever, relacionar, explicar e calcular relações dos elementos em estudo. Portanto, há uma preocupação predominante na formação técnica para compreensão dos fenômenos eletrônicos e seus modelos simbólicos e matemáticos. Essa etapa fornece o ferramental matemático para utilização dos componentes eletrônicos em análises e projetos. É esperado que o aluno finalize essa etapa preparado para projetar utilizando diodos e transistores. O espaço educacional utilizado é majoritariamente a sala tradicional, mas há possibilidades para utilização de metodologia de aprendizagem baseada em problemas (TBL, do inglês, *Team Based Learning*).

A segunda etapa da trilha apresenta ao aluno os elementos de projeto. Essa é uma importante quebra de paradigma prevista na estruturação da matriz curricular vinculada ao Projeto Pedagógico do Curso (PPC), pois o aluno evolui dentro do ciclo de formação específica e profissional e salta das abordagens



enraizadas em cálculos mais diretos e objetivos para análises mais críticas e próxima da camada de aplicação dos dispositivos elétricos-eletrônicos. Portanto, cria-se uma maior exigência da integração de elementos e uma indispensável visão holística para que o aluno possa trabalhar na resolução de problemas aplicados à eletrônica. Existe uma orientação clara e objetiva para essa etapa: o aluno deve projetar um pedal de guitarra utilizando como elementos construtivos básicos apenas diodos e transistores, dispositivos semicondutores alvo da ementa. Apesar de haver uma estrutura rígida nos requisitos de elementos construtivos há uma ampla flexibilidade na utilização dos componentes. Conseqüentemente, o aluno é estimulado a ter uma visão crítica, reflexiva e criativa para, de forma autônoma, projetar um pedal, valendo-se de embasamentos técnicos-teóricos, que tornem seu projeto viável tecnicamente, que atinja os objetivos propostos e que seja viável economicamente. O objetivo intermediário é projetar o próprio pedal de guitarra, devendo o aluno ser capaz de analisar e avaliar. Há energia dispendida para comparar, explicar, investigar, diferenciar, integrar, justificar e selecionar. É possível observar que o aluno trabalha em níveis mais altos da taxonomia de Bloom quando comparado à etapa anterior. Ressalta-se que, nessa porção da trilha de aprendizagem, há uma natural extrapolação da sala de aula tradicional, pois o aluno é estimulado a trabalhar sua autonomia em atividades que requerem pesquisas e planejamentos que ocorrem, também, fora do horário regular de aula. O aluno é estimulado a realizar ampla pesquisa de projetos já existentes com objetivo de estimular a análise crítica e convergir para a proposição de projetos individualizados. Como resultado, na mesma sala de aula todos os projetos são distintos entre si, apesar de serem baseados em diodos e transistores.

Na terceira etapa o aluno tem como objetivo intermediário avaliar o desempenho e o funcionamento do circuito eletrônico projetado anteriormente através da utilização de recursos computacionais de *software* de circuitos eletrônicos. Esse processo é utilizado em realimentação com o anterior. Dessa maneira, a partir das simulações o aluno pode e deve realizar ajustes em seu projeto conceitual, partindo para a etapa de testes em bancada apenas quando existir uma convergência entre os objetivos propostos e os resultados aferidos em simulação. Os laboratórios de informática são importantes espaços educacionais e, para simular o projeto, há soluções *freeware* como o LTspice® (ANALOG DEVICES, 2023).

Com o projeto validado na etapa de simulação o aluno está apto a iniciar a próxima etapa que compreende os testes na bancada de eletrônica. O aluno volta ao nível de aplicação, análise e avaliação, mas agora com foco nas



implicações práticas do mundo real que, naturalmente, possuem diferenças aos modelos teóricos idealizados. Além de verificar, o aluno valida os modelos teóricos previamente estudados. O aluno possui como objetivos intermediários experimentar, explicar, modificar, investigar e intervir no funcionamento de seu projeto eletrônico. Sendo assim, essa etapa da trilha funciona como uma validação prévia da etapa de confecção e apresenta uma realimentação para alinhamento e adequação com as etapas anteriores de projeto e simulação. Infraestrutura e equipamento de laboratório de Eletrônica são indispensáveis como espaços educacionais.

Finalizados o projeto conceitual, as simulações computacionais e os testes em bancada, é iniciada a etapa de confecção do protótipo, atingindo o nível mais alto na taxonomia de Bloom, pois envolve o criar. Como objetivo intermediário, o aluno deve idear e produzir seu pedal de guitarra. Desse modo, o projeto se torna material e funcional. O espaço educacional e recursos pedagógicos são expandidos, sendo bem-vindos elementos pertencentes à cultura *maker*, como as cortadoras a laser e impressoras 3D. Esses recursos permitem que os alunos trabalhem de forma criativa e inovadora na finalização dos protótipos. O aluno deve ser capaz de coordenar suas ações para apresentar um modelo físico que atenda requisitos técnicos, que seja viável financeiramente, que seja realizável dentro do prazo estipulado e para que haja disponibilidade de materiais e demais recursos demandados.

O fechamento da trilha de aprendizagem ocorre com a formalização dos entregáveis nas formas de relatório, vídeo e apresentação. O relatório compreende uma entrega textual focada no registro e documentação do projeto. São apresentados os memoriais de cálculos, as decisões de projeto, o esquemático de ligação dos componentes eletrônicos, bem como os resultados das simulações, medições na bancada e desenvolvimento e construção do protótipo. O vídeo é uma entrega que deve sintetizar os principais pontos e resultados do projeto, possuindo o formato de um *pitch*. Portanto, é uma oportunidade de desenvolver a capacidade de expressão. Além disso, é uma oportunidade de utilizar um recurso pedagógico aderente ao novo contexto educacional com a presença da utilização e aceitação de recursos de vídeos pelos alunos. A apresentação ao vivo ocorre com o professor levando uma caixa de som e uma guitarra para que os pedais sejam utilizados ao vivo. É um momento em que ocorre uma grande interação entre os alunos, havendo muita discussão sobre os impactos das decisões de projetos e componentes no som produzido. Há uma vasta troca de experiência entre os participantes, pois cada grupo apresenta um projeto próprio.



A simples troca de um modelo/fabricante de diodo/transistor impacta, por exemplo, no timbre do pedal (som percebido e formado pela composição de frequências emitidas pela guitarra/pedal).

Sugere-se como base e ponto de partida para o pedal de guitarra um circuito baseado na polarização de um transistor na região ativa e com distorção obtida por um *clipping* de diodo. O acoplamento e desacoplamento é realizado com capacitores. Também sugere-se trabalhar com chaves de *bypass* (inserir/remover efeito), potenciômetros de volume e nível de distorção. Também podem ser incluídos LEDs indicativos. Essa estrutura pode (e deve) ser modificada para atender diferentes requisitos e objetivos de projeto, além de alinhamento com a gestão de materiais, recursos e tempo.

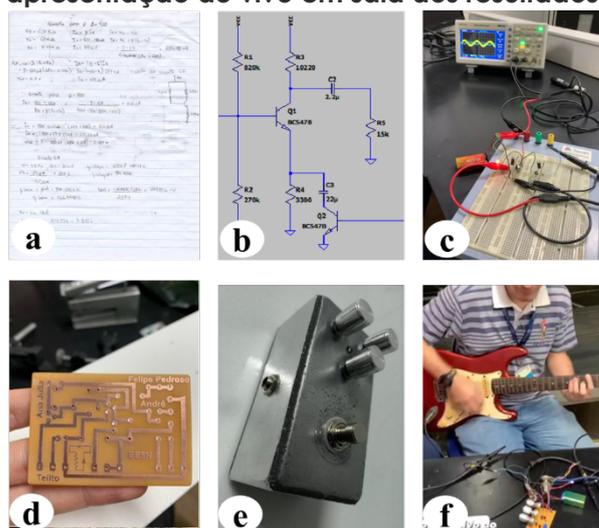
Processo de avaliação

Os objetivos de aprendizagem foram estabelecidos em consonância com as habilidades e competência desejadas na formação e desenvolvimento dos alunos, e as atividades planejadas na trilha de aprendizagem estão em consonância para atingir esses objetivos. Portanto, para haver um alinhamento construtivo, é necessário estabelecer um sistema de avaliação formativa e continuada. No decorrer do semestre são ministradas aulas teóricas e práticas que fornecem as bases para o desenvolvimento do projeto. Nesse sentido, ocorrem avaliações tradicionais na forma de exames bimestrais individuais e práticas de laboratório com roteiros pontuados.

A avaliação formativa na trilha de aprendizagem considera o projeto conceitual inicial do pedal em suas dimensões de propósitos e justificativas, bem como os cálculos que suportam e explicam o funcionamento do pedal. A simulação é avaliada por meio da análise em corrente contínua e da análise em corrente alternada para pequenos sinais. As etapas de teste em bancada e de confecção do protótipo são documentadas com registros fotográficos das medições e circuitos montados. O fechamento do projeto se dá com: i) elaboração de um relatório técnico com documentação das etapas da trilha em formato textual e fotográfico; ii) elaboração de um vídeo curto no formato de *pitch*, contendo o *layout* do circuito, a simulação e apresentação dos resultados; e iii) apresentação presencial do protótipo. São considerados a organização do *hardware* e o *design* final do protótipo. A Figura 2 apresenta resultados intermediários utilizados no sistema de avaliação.

Durante o processo de avaliação contínua é fundamental que o professor forneça retornos (*feedbacks*) significativos para que o aluno tenha consciência do seu progresso e para que possa ajustar suas ações no processo de aprendizagem. Também é importante destacar que, apesar do desenvolvimento estar ancorado em um trabalho em grupo, o sistema de avaliação contempla os aspectos individuais de cada componente.

Figura 2 – Registros das etapas de a) cálculos teóricos; b) simulação computacional; c) testes em bancada de eletrônica; d) placa de circuito impressora; e) protótipo do pedal finalizado; e f) apresentação ao vivo em sala dos resultados



Fonte: acervo dos autores.

Resultados obtidos

O alinhamento construtivo garante que os objetivos de aprendizagem estejam claramente definidos e que as atividades desenvolvidas na disciplina estejam em consonância com esses objetivos, bem como alinhadas ao sistema de avaliação. Assim sendo, o aluno tem uma melhor compreensão do que é esperado de seu desenvolvimento e permite uma avaliação justa e coerente com as atividades desenvolvidas. Esse cenário permite uma convergência para uma aprendizagem significativa.

As trilhas de aprendizagem permitem trabalhar nos diversos níveis da taxonomia de Bloom, fornecendo ao aluno um desenvolvimento técnico e comportamental que abrange as dimensões de memorizar, compreender, aplicar, analisar, avaliar e criar. Portanto, para atingir os objetivos propostos, os alunos desenvolvem *hardskills* e *softskills*, além de sua autonomia. Ressalta-se que essas competências,



habilidades e atitudes contribuem na formação pessoal e profissional do engenheiro, estando alinhadas com as demandas do mercado de trabalho.

As inovações e desafios que são apresentadas aos alunos durante sua jornada na trilha de aprendizagem permitem um maior engajamento por aumentar o pertencimento do aluno com seu grupo e projeto, ao mesmo tempo em que promove sua autonomia, e por estar alinhada com práticas educacionais que cativam e motivam o aluno.

Além desses pontos, tem-se um atendimento ao perfil e às competências esperadas do egresso, estabelecidas pelas DCNs das Engenharias em seus Art. 3º (características) e Art. 4º (competências), incluindo, mas não limitado à: formação técnica, análise e modelagem, simulação, visão holística e perspectivas multidisciplinares; usuário e seu contexto; simulação e soluções criativas, desejáveis e viáveis, técnica e economicamente; aprender de forma autônoma com vistas à aprendizagem contínua; lidar com situações e contextos complexos; verificar e validar por experimentação; ser capaz de expressar-se adequadamente, inclusive por meio do uso das tecnologias digitais de informação e comunicação; ser capaz de interagir e trabalhar em equipes, atuar de forma colaborativa, ética e profissional; e gerenciar projetos e liderar, de forma proativa e colaborativa, definindo estratégias e construindo consenso nos grupos. Dessa forma, a disciplina se posiciona de forma estratégica dentro do PPC.

CONCLUSÃO

A trilha de aprendizagem proposta foi construída de forma a atingir o objetivo geral da disciplina que é projetar e construir um pedal de guitarra por meio de objetivos intermediários com um alinhamento construtivo entre as atividades propostas, os objetivos de aprendizagem e os meios de avaliação. Ao percorrer a trilha composta pelas etapas de sala de aula, elaboração de projeto personalizado, simulação computacional, testes na bancada, construção do protótipo e apresentação dos resultados, o aluno é capaz de desenvolver competências, habilidades e atitudes técnicas e comportamentais, além de promover a autonomia do aluno. O professor atua diretamente como um facilitador ao promover e estimular o aluno a construir e integrar as relações entre seus conhecimentos prévios e as etapas subsequentes, fomentando o pensamento crítico.



O aluno trabalha nos diversos níveis da taxonomia de Bloom ao percorrer a trilha de aprendizagem, saindo de memorizar, passando por compreender, aplicar, analisar, avaliar, até atingir o mais alto nível, no qual é capaz de criar. A aprendizagem significativa se dá à medida que o aluno utiliza os conhecimentos prévios de cada etapa da trilha de forma substantiva e relevante para prosseguir nas próximas etapas de seu projeto. Portanto, o aluno opera ativamente na construção de seu próprio conhecimento ao integrar novas informações de conceitos inter-relacionados.

Os entregáveis na forma de relatório escrito, vídeo e apresentação ao vivo fecham o ciclo da trilha de aprendizagem que é acompanhada por avaliações formativas e continuadas. Observa-se que a abordagem proposta gera um maior engajamento do aluno e um maior comprometimento com as atividades propostas, sendo importante a disponibilização de espaços educacionais apropriados com recursos de infraestrutura e equipamentos para o desenvolvimento das atividades. Além disso, a trilha abarca amplamente os pontos estabelecidos para formação do perfil e competências esperadas do egresso e estabelecidas pelas DCN das Engenharias

Destaca-se que a trilha de aprendizagem proposta pode ser replicada totalmente ou parcialmente em outras disciplinas/contextos, uma vez que estabelece um *framework* baseado na aprendizagem significativa, na taxonomia de Bloom e no alinhamento construtivo. A trilha compreende um embasamento teórico, seguido por elaboração de um projeto, simulação computacional, testes em laboratório, confecção do protótipo e apresentação dos resultados.

Agradecimentos

Expressamos nossa gratidão à Universidade Vila Velha (UVV) e seu Núcleo de Inteligência e Inovação do Ensino (NUI²dE) pelos esforços despendidos na formação docente continuada, inovadora e em direção às melhores práticas educacionais, bem como pela disponibilização de espaços educacionais e infraestrutura para suportar esse direcionamento.

As opiniões expressas neste artigo representam os pontos de vista dos autores e não de qualquer instituição. Conduzimos este trabalho sem relações comerciais ou financeiras que pudessem causar um potencial conflito de interesses.



REFERÊNCIAS

- ANALOG DEVICE. LTspice. Versão 17.1.6 24 fev. 2023. Disponível em: <https://ltspice.analog.com/software/LTspice64.msi>. Acesso em: 26 fev. 2023.
- AUSUBEL, D. P. **The psychology of meaningful verbal learning**. Oxford, England: Grune & Stratton 1963.
- BIGGS, J. Constructive alignment in university teaching. **HERDSA Review of Higher Education**, v. 1, 2014.
- BIGGS, J.; TANG, C. **Teaching for Quality Learning at University**. McGraw-hill education (UK), 2011. [e-book].
- BLOOM, B. S. et al. **Taxonomy of educational objectives, Handbook I: cognitive domain**. New York: David McKay, 1956.
- BOYATZIS, R. E. **The competent manager: A model for effective performance**. John Wiley & Sons, 1991.
- BRAME, C. J. Spotlight 1. Writing Learning Objectives Using Bloom's Taxonomy. In: **Science Teaching Essentials**. [s.l.]: Elsevier, 2019.
- BRASIL. Ministério da Educação. CNE. **Parecer n. 009/2001. Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12991> >. Acesso em: 25 fev. 2023.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Resolução nº 2 CNE/CES, de 24 de Abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, 2019. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12991> >. Acesso em: 25 fev. 2023.
- BRUM, W. P. Aprendizagem significativa: revisão teórica e apresentação de um instrumento para aplicação em sala de aula. **Itinerarius Reflectionis**, v. 9, n. 2, 2014.
- CARVALHO, F. A. H. Neurociências e educação: uma articulação necessária na formação docente. **Trabalho, Educação e Saúde**, v. 8, p. 537-550, 2010.
- CHIAVENATO, I. **Gestão de pessoas: e o novo papel dos recursos humanos nas organizações**. 4. ed. Barueri, SP: Manole, 2014.
- CONKLIN, J. et al. **A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives complete edition**, 2005.
- CROPLEY, A.; KNAPPER, C. **Lifelong Learning in Higher Education**. Routledge, 2000.
- FLEURY, M. T. L.; FLEURY, A. Construindo o conceito de competência. **Revista de administração contemporânea**, v. 5, p. 183-196, 2001.
- GHISLENI, T. S.; BECKER, E. L. S.; DE SALLES CANFIELD, G. Lifelong learning e sua contribuição para o ensino emancipatório. **Saber Humano: Revista Científica da Faculdade Antonio Meneghetti**, v. 10, n. 16, 2020.



- KRATHWOHL, D. R. A revision of Bloom's taxonomy: An overview. **Theory into practice**, v. 41, n. 4, p. 212-218, 2002.
- LE BOTERF, G. **Desenvolvendo a competência dos profissionais**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2003.
- MORAN, J. M.; MASETTO, M. T.; A.BEHRENS, M. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. [s.l.]: Papyrus Editora, 2017.
- MOREIRA, M. A. Linguagem e aprendizagem significativa. **Anais...** Conferência de encerramento do IV Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Maragogi, AL, Brasil. 2003.
- NGOC, H. V. The Importance of Teaching Soft Skills to Senior Students: A Case Study of FPT University. **Journal of Positive School Psychology**, p. 6076–6084-6076–6084, 2022.
- ORMROD, J. E. **Aprendizagem humana** (6ª ed.). Artmed, 2014.
- PELIZZARI, Adriana et al. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, v. 2, n. 1, p. 37-42, 2002.
- PERRENOUD, P. Construir competências é virar as costas aos saberes. **Revista Pátio, Porto Alegre: ARTMED**, v. 3, p. 15-19, 1999.
- RODRIGUES, A. N.; DOS SANTOS, S. C. Aplicando a taxonomia de Bloom revisada para gerenciar processos de ensino em sistemas de aprendizagem baseada em problemas. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 21, n. 01, p. 01, 2013.
- SCHUNK, D. H. **Teorias da aprendizagem: uma perspectiva educacional**. Porto Alegre: Penso, 2016.
- SILVA, J. B. A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel: uma análise das condições necessárias. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 4, p. e09932803, 2020.
- WEC. World Economic Forum, V. The future of jobs report 2020. **Retrieved from Geneva**, 2020.