

Rethinking learning approaches in digital electronics education: Analyzing the experiential learning in a technical course in Brazil

Fábio J. F. Gonçalves¹

Abstract—Teaching-learning approaches in digital electronics education have a key role in technical education and in a further transition to technology related professions. Since there are few studies in literature in this area, this paper aims to contribute with an investigation about students' progress in a mechatronics technical course at a public institution in Brazil. The main objective is to analyze whether the learning style is related to the performance of the students. Digital electronics has theory and practice, so an experiential framework is used to obtain the reference learning styles from classes in the years 2022 and 2023. In order to have feedback and gather more information, a survey about the course is also conducted. Basic normality test is applied to data and different metrics are compared by correlation analysis. Similarly to other studies in literature, only weak or very weak correlation is found. However, it was identified a simple metric with a strong correlation with the grades when compared with the reference learning styles. This perspective could improve the understanding about students' characteristics in developing the contents. Specifically, this study contributes to the literature in a sense that the findings here reported suggested that the predilection for a specific learning style or stage is less important when compared to how pronounced the student is in any of them.

Index Terms—Digital electronics, learning styles, project-based learning, technical education

I. INTRODUÇÃO

As características dos conteúdos de eletrônica digital em cursos técnicos e o retorno à interação presencial após semestres de ensino remoto emergencial sugerem estratégias baseadas na experimentação. Os cursos técnicos considerados neste trabalho ocorrem em concomitância com o ensino médio brasileiro. Grande parte do conteúdo não é adequado para o ensino online devido à natureza prática das aulas. Por isso, a pandemia da COVID-19 resultou em um desafio significativo a ser enfrentado. Em particular, é relevante fazer uma pesquisa sobre os estilos de aprendizagem nos cursos técnicos profissionais, especialmente com os alunos que foram diretamente afetados pela suspensão temporária das atividades presenciais nos anos 2020 e 2021.

O foco deste trabalho é o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG). Ele faz parte da rede federal brasileira de educação profissional, científica e tecnológica [1]. O campus em estudo oferece cursos de

graduação e também dois tipos de cursos técnicos [2]: a) concomitante ao ensino médio, ou seja, apenas o currículo técnico é ministrado no IFMG; e b) integrado ao ensino médio, neste caso, tanto o currículo técnico quanto o não-técnico ocorrem no IFMG. Este trabalho aborda apenas o primeiro tipo. As aulas de eletrônica digital ocorrem na disciplina de Circuitos Digitais e Microcontroladores, que faz parte do currículo de Mecatrônica e Automação e tem duração de 30 horas teóricas mais 60 horas práticas [3]. Basicamente, estas horas correspondem ao tempo despendido em aulas teóricas e atividades práticas em laboratório. Por se tratar de um conteúdo extenso a ser devidamente abordado em um número relativamente baixo de horas teóricas, devem ser consideradas novas formas de ensino, incluindo o estudo dos efeitos da sequência pedagógica [4]. As dificuldades que os educadores enfrentam quando tentam enfatizar as competências intelectuais e os conceitos tecnológicos foram identificadas em [5] e as questões que surgem da aprendizagem e do conhecimento na educação tecnológica são examinadas em [6]. Mais relacionado com o tema deste artigo, um extenso levantamento da investigação no ensino de microcontroladores pode ser encontrado em [7].

No âmbito deste trabalho, 2022 foi o primeiro ano com atividades presenciais completas para os alunos que foram admitidos em 2021, uma vez que as atividades normais tinham sido suspensas durante algum tempo devido à pandemia. Neste cenário, deve ser mencionado que conhecimento em programação é um requisito para trabalhar com microcontroladores [3], mas as aulas de *Programação 1* e *Programação 2* ocorreram integralmente no ensino online. Por conseguinte, é de esperar que a interação, o envolvimento e o acompanhamento sejam diferentes do habitual. Por exemplo, até a exibição da imagem facial do professor tem um efeito psicológico na aprendizagem online [8]. Por sua vez, a razão de duas horas práticas para uma hora teórica facilita a implementação de estratégias ativas baseadas na aprendizagem experimental e, conseqüentemente, pode tornar o curso mais dinâmico; eventualmente, compensando parte dos déficits educativos.

Uma preocupação adicional é a preparação a longo prazo para melhorar a qualidade dos estudos técnicos, tendo em vista uma possível continuação dos cursos de engenharia ou outros cursos

¹ Fábio J. F. Gonçalves, Federal Institute of Education, Science and Technology of Minas Gerais, Brazil, ORCID 0000-0003-0086-2148

Como citar este artigo: F. J. F. GONÇALVES, "Rethinking learning approaches in digital electronics education: Analyzing the experiential learning in a technical course in Brazil," in IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje, vol. X, no. X, pp. X-X, xxx. 2024, doi: xx.xxxx/RITA.2024.xxxxxx.

de graduação relacionados. Em [9] é referido que um curso do ensino secundário com trabalho prático pode reforçar a ligação entre estes níveis académicos. Além disso, a exposição precoce aos sistemas embarcados é importante para preparar os alunos para as demandas futuras. Deste modo, [10] descreve uma experiência de integração do ensino de sistemas eletrônicos incorporados nos currículos do ensino secundário e dos primeiros anos de licenciatura, a fim de proporcionar aos estudantes uma exposição precoce. Uma iniciativa com objetivos semelhantes, utilizando uma abordagem interdisciplinar baseada na aprendizagem baseada em projetos (PBL) em mecatrônica, é descrita em [11]. A PBL é particularmente interessante porque permite aos estudantes aprenderem fazendo e lidando com problemas reais de engenharia e/ou tecnologia, melhorando as competências profissionais, como sugerido por [12-15], por exemplo. O modelo de *design thinking* também é sugerido por [16] como uma forma de melhorar a aprendizagem em atividades de mecatrônica para alunos do ensino secundário. De acordo com [17], outras metodologias ativas, como a sala de aula invertida, também são consideradas eficazes para aumentar o interesse e a aprendizagem dos alunos. Ainda relacionado com a educação experimental, a abordagem pedagógica de aprender fazendo no contexto da educação tecnológica foi estudada por [18]. Não obstante, devido à pandemia, o cenário em estudo é bastante crítico, uma vez que os cursos técnicos são concebidos para fazer a preparação profissional adequada ao longo de 2,5 ou 3 anos antes de obter um certificado de nível técnico.

No que diz respeito aos conteúdos específicos, segue-se uma descrição pormenorizada do que deve ser abordado, bem como dos objetivos a atingir [3]. Conteúdos: *Sistemas de numeração; portas lógicas; álgebra booleana; simplificação de circuitos lógicos; mapa de Karnaugh; circuitos combinacionais; circuitos sequenciais (flip-flops, registradores e contadores); codificadores e decodificadores; multiplexadores e demultiplexadores; introdução aos microcontroladores e suas arquiteturas; sistema de interrupção; dispositivos de entrada e saída; dispositivos periféricos; conversão analógico/digital e digital/analógico; compiladores e ferramentas de desenvolvimento e programação; desenvolvimento de projetos utilizando microcontroladores comerciais e plataformas de prototipagem em hardware aberto.* Objetivos: *Capacitar o aluno para interpretar circuitos digitais e elaborar circuitos básicos de lógica combinacional e sequencial; interpretar circuitos eletrônicos envolvendo microcontroladores; conhecer as técnicas de elaboração de programas em sistemas microcontrolados; implementar sistemas de controle e automação utilizando microcontroladores.*

Nota-se a fusão de dois conteúdos típicos, ou seja, os tópicos de eletrônica digital (até multiplexadores e demultiplexadores) seguidos dos tópicos de microcontroladores (Introdução aos microcontroladores e suas arquiteturas, etc.). Por fim, é possível perceber o tópico explícito de desenvolvimento de projetos, que é coerente com metodologias baseadas na experimentação.

Note-se que a capacidade de codificação é necessária para a implementação de sistemas com microcontroladores; assim, o ideal é que ela seja bem desenvolvida no primeiro ano do curso técnico.

Na literatura existem modelos que pretendem conhecer os estilos de aprendizagem dos indivíduos, de forma a ajudar a compreender e a melhorar o processo educativo. Uma revisão desses modelos pode ser encontrada, por exemplo, em [19]. No caso da educação profissional, que geralmente envolve experiências, práticas e habilidades, a aprendizagem experiencial é promissora e alinhada com o viés e objetivos profissionais, segundo [20]. Nesse cenário, o modelo de Kolb [21] é amplamente utilizado como referência para a aprendizagem experiencial, integrando teoria e prática em um framework que classifica os estilos de aprendizagem [22].

Um estudo relativo à instituição em estudo pode ser encontrado em [23], onde se discute diferentes perspectivas e propostas almejando a melhoria do processo educativo, tendo como referência o modelo de Kolb [21]. Embora [23] tenha focado no curso técnico integrado ao ensino médio, algumas das propostas podem ser eventualmente utilizadas nos cursos concomitantes aqui investigados, uma vez que se trata da mesma instituição e os cursos técnicos têm muito em comum. Dessa forma, pode-se destacar de [23] as seguintes recomendações: a) preservar momentos ou encontros específicos para observação reflexiva ao longo do desenvolvimento dos conteúdos; e b) iniciar novos tópicos com uma experiência concreta em que o conteúdo prático seja apresentado no início das aulas.

Há muitos trabalhos que sustentam a teoria de Kolb em sua vasta literatura, mas há também muitos outros com críticas. Uma discussão sobre a validade e as implicações da teoria, relatando um debate equilibrado a favor e contra, encontra-se em [25], sendo alguns instrumentos considerados úteis como ferramenta pedagógica. Uma versão recente do instrumento de Kolb é apresentada em [22], mas ainda não há muitos estudos baseados nele, em comparação com a versão anterior descrita em [21]. Independentemente da teoria da aprendizagem, existe um debate geral sobre a noção de que os alunos aprendem melhor quando são ensinados no seu estilo preferido. Se forem corretas, as teorias de aprendizagem podem ter implicações importantes para o processo de aprendizagem, mas, de acordo com [26], não existe apoio científico para estas teorias. De fato, as crenças sobre o estilo de aprendizagem são muito mais complexas e variáveis do que se reconhecia anteriormente, tal como identificado por [27].

Este trabalho visa contribuir para a pesquisa no contexto do ensino técnico trazendo uma discussão sobre o processo de ensino-aprendizagem e abordando a questão se existe uma eventual relação dos resultados dos alunos com os estilos de aprendizagem de referência. Desta forma, o objetivo principal deste trabalho é analisar se o estilo de aprendizagem está relacionado com o desempenho dos alunos neste contexto de uma disciplina prática e orientada para projetos. Os objetivos específicos são: a) descrever o contexto, b) coletar e analisar

Como citar este artigo: F. J. F. GONÇALVES, "Rethinking learning approaches in digital electronics education: Analyzing the experiential learning in a technical course in Brazil," in IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje, vol. X, no. X, pp. X-X, xxx. 2024, doi: xx.xxxx/RITA.2024.xxxxxx.

dados utilizando questionários e um inventário conhecido, e c) estender a discussão a novas turmas do curso.

II. METODOLOGIA

Esta seção descreve o modo como o curso é conduzido, bem como os instrumentos utilizados para coletar e analisar os dados.

Dois questionários impressos foram aplicados perto do final do semestre letivo: o questionário 1 (um *feedback* sobre o curso) e o questionário 2 (um inventário para estimar o estilo de aprendizagem do estudante). De posse dos dados, o objetivo é identificar possíveis correlações com diferentes métricas e quantificar a experiência global. Devido à dificuldade em identificar a quantidade de aprendizagem alcançada, as classificações do curso são utilizadas de forma quantitativa.

Por uma questão de simplicidade, não foram realizados questionários iniciais para identificar um possível conhecimento prévio. Parte-se do princípio de que os alunos não têm conhecimentos prévios relevantes sobre o tema. Essa suposição se deve ao fato de que a maioria deles ingressou no curso técnico concomitante com uma formação limitada, oriunda de escolas públicas regionais ou municipais. A condição socioeconômica desses alunos também reduz o contato com os recursos tecnológicos, inclusive o computador. O rastreamento da trajetória desses alunos ainda é difícil porque: a) estão matriculados em diferentes escolas de tempo parcial; b) a pandemia agravou o problema, já que a maioria não tem computador à disposição para estudar em casa; c) conteúdos como codificação e eletrônica não são abordados em suas escolas não técnicas. Por isso, para grande parte deles, estar numa escola técnica é a primeira oportunidade de ter contato com esses conteúdos.

O estudo foi realizado inicialmente na turma 2022/1. Posteriormente, foram envolvidas as turmas 2022/2 e 2023/1, a fim de verificar a consistência dos resultados.

A. Avaliação

As atividades e avaliações propostas encontram-se na Tabela 1, incluindo os seus valores (notas) e observações. Parte das atividades utilizou metodologias típicas [3], enquanto as avaliações em grupo incluem perguntas orais individuais para cobrir diferentes aspectos e individualizar o processo de *feedback*, como sugerido por [23]. A organização também está de acordo com [24], que conclui que os educadores devem empregar tanto o trabalho em grupo como o individual de forma complementar.

A segunda avaliação prática consistiu no desenvolvimento e posterior apresentação de um projeto final em uma sessão específica, aberta a toda a comunidade do campus, ou seja, alunos de outras turmas e cursos, professores, técnicos e a quem estivesse interessado. Professores da área de elétrica/eletrônica e técnicos de laboratório foram convidados a colaborar na avaliação dos projetos. Cada grupo foi avaliado por pelo menos dois convidados e pelo próprio professor. Os convidados

tinham conhecimentos técnicos e experiência sobre os itens a serem verificados. O convite a membros externos contribui para uma percepção neutra dos trabalhos. A nota da atividade foi definida pela média das avaliações. Um roteiro serviu de apoio aos avaliadores, como mostra a Tabela 2. Itens como os aspectos técnicos, a apresentação em público e o envolvimento dos alunos deviam ser avaliados em uma escala de referência com 6 níveis: nenhum, muito pouco, pouco, bom, muito bom, excelente. A Tabela 2 apresenta ainda um exemplo ilustrativo de marcação, em que a pontuação seria, somando de cima para baixo, $4 + 4 + 3 + 3 + 3 + 3 + 3 + 5 + 5 + 3 + 0 = 33$ num total de 50 pontos possíveis, ou seja, 66%.

TABELA 1

AVALIAÇÕES, AVALIAÇÕES E DISTRIBUIÇÃO DE NOTAS, CONSIDERANDO TEORIA E PRÁTICA.

Assessment/Evaluation	Theory	Practice	Observation
Evaluation 1 (theory)	15	-	Individual
Experimental assessment 1	-	15	In group
Laboratory assessments	-	5 activities (8 each)	
Evaluation 2 (theory)	15	-	Individual
Experimental assessment 2 (final project)	-	15	In group
Total:	30	70	

TABELA 2

TABELA DE REFERÊNCIA PARA AVALIAÇÃO DOS PROJETOS EXPERIMENTAIS USANDO DEZ ASPECTOS. UMA VERIFICAÇÃO FICTÍCIA É FEITA PARA EXEMPLIFICAR SEU USO.

To be evaluated	0 None	1 Very little	2 Little	3 Good	4 Very good	5 Excellent
Inputs (sensors)					×	
Outputs (actuators)					×	
Digital, analog				×		
Electronics, circuits				×		
Code quality				×		
Mechatronics				×		
Code knowledge						×
Engagement						×
Presentation				×		
Other merits	×					

O projeto final é desenvolvido nas últimas quatro semanas do curso, o que corresponde a cerca de 16 horas no laboratório. O projeto deve ser desenvolvido com um kit de microcontroladores popular. Apesar da livre escolha do tema, a utilização de pelo menos um *display* de cristais líquidos (LCD) é obrigatória. Foram também dadas outras diretrizes gerais de projeto, incluindo a descrição do que se esperava do protótipo em termos de entradas e saídas digitais e analógicas. A codificação também deveria ser avaliada.

As figuras 1 e 2 mostram alguns dos protótipos desenvolvidos. Na Fig. 2 na imagem superior esquerda é possível ver o computador usado para o desenvolvimento do projeto. No canto superior direito há um exemplo de um projeto que envolveu a concepção geral e a impressão em 3D da caixa de plástico que suporta o *display*, o teclado e guarda a eletrônica do protótipo. Houve outros protótipos não mostrados aqui por brevidade, com temas relacionados com a automação e a mecatrônica.

B. Questionário 1: sobre o curso

Como citar este artigo: F. J. F. GONÇALVES, "Rethinking learning approaches in digital electronics education: Analyzing the experiential learning in a technical course in Brazil," in IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje, vol. X, no. X, pp. X-X, xxx. 2024, doi: xx.xxxx/RITA.2024.xxxxxx.

Um questionário de feedback opcional é realizado com afirmações para as quais os alunos devem selecionar uma de cinco opções dentro da escala: (1 - discordo totalmente), (2 - discordo), (3 - neutro), (4 - concordo), (5 - concordo totalmente). A seguir estão as doze afirmações. 1 - Iniciar as experiências de forma concreta no laboratório ajuda a aprendizagem; 2 - Ter o dobro de horas no laboratório em relação à teoria ajuda a aprendizagem; 3 - É interessante (adequado) dividir as notas de acordo com a proporção de horas teóricas e práticas; 4 - O tempo disponível para o projeto final foi adequado; 5 - A livre escolha do tema para o projeto final contribuiu para que os grupos se interessassem mais em desenvolvê-lo; 6 - O professor exerceu o papel de facilitador do conhecimento e muitas vezes os alunos ficaram responsáveis pela busca ativa do conhecimento; 7 - A avaliação prática em forma de apresentação aberta pode auxiliar no desenvolvimento de habilidades não técnicas (comunicação, apresentação em público, organização de ideias, etc.); 8 - A autonomia dada no desenvolvimento do projeto contribuiu para que eu me sentisse mais seguro na implementação de uma solução técnica; 9 - O curso se diferenciou dos demais, pois deu autonomia aos grupos para desenvolverem seus trabalhos nos espaços do campus; 10 - As dificuldades encontradas durante o desenvolvimento das práticas contribuíram para o amadurecimento e criatividade; 11 - A utilização de relatórios após as atividades contribuiu para a reflexão sobre o que foi discutido na prática; 12 - Foram utilizados critérios individuais para a avaliação dos grupos ou das atividades práticas, sem uma generalização do aluno.

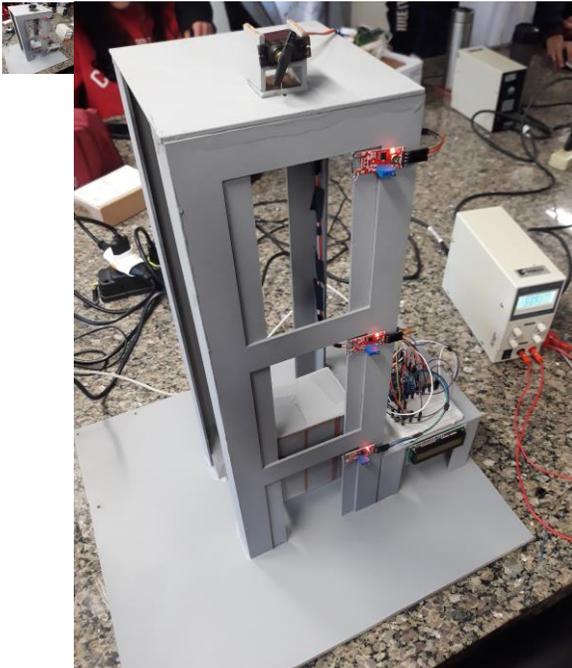


Fig. 1 Protótipo de um elevador de pequena escala proposto e desenvolvido por um dos grupos durante o curso.

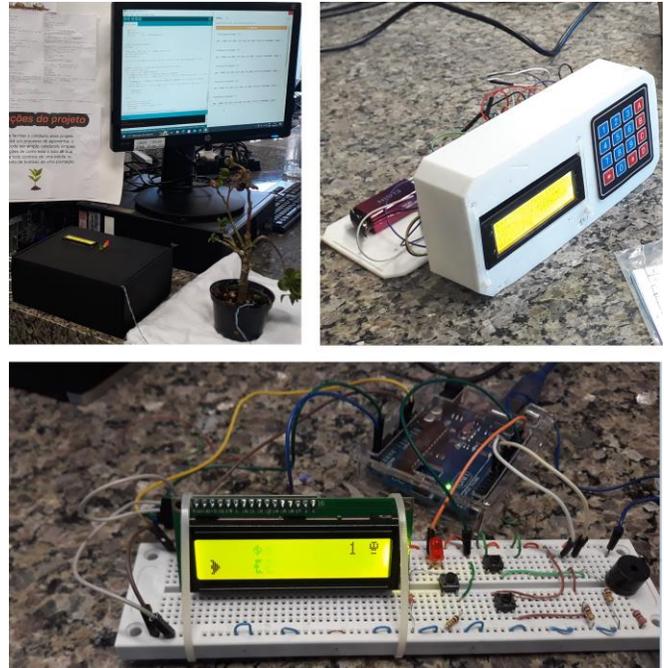


Fig. 2 Exemplos de protótipos: sistema de irrigação conectado à internet (canto superior esquerdo); estação de monitoramento (canto superior direito); minijogo clássico (embaixo).

C. Questionário 2: sobre os estilos de aprendizagem de referência

O Inventário de Estilos de Aprendizagem de Kolb (LSI) [21] foi escolhido devido à sua inerente propensão experimental e à sua extensa utilização em diferentes níveis de ensino [22]. A tradução para o português pode ser obtida em [28]. As respostas são utilizadas para quantificar as quatro etapas do ciclo de aprendizagem, ou seja, Experiência Concreta (EC), Observação Reflexiva (OR), Conceitualização Abstrata (AC) e Experimentação Ativa (EA). A partir delas, surgiram quatro estilos: Divergente (CE e RO), Assimilador (AC e RO), Convergente (AC e AE) e Acomodador (CE e AE) [21]. Quando os resultados são traçados num plano com as quatro dimensões, obtém-se um diagrama em forma de pipa e é possível identificar a tendência de um indivíduo dentro dos estilos de aprendizagem pré-definidos.

Desta forma, pode-se investigar se este modelo é suficiente para se ter uma ideia do desempenho dos alunos no curso. Além disso, se existe alguma métrica ou perspectiva que contribua de uma forma que se possa compreender melhor e trabalhar para melhorar os processos de aprendizagem.

D. Análise quantitativa

A análise quantitativa do cenário é efetuada através da correlação entre os resultados finais e os dados dos questionários. A distribuição normal é mais simples de analisar porque pode ser descrita pela média e pelo desvio padrão, permitindo uma representação mais compacta dos dados. O teste de normalidade de Shapiro-Wilk foi utilizado devido à sua sensibilidade a amostras de pequena dimensão ($n < 50$) [29]. O

Como citar este artigo: F. J. F. GONÇALVES, "Rethinking learning approaches in digital electronics education: Analyzing the experiential learning in a technical course in Brazil," in IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje, vol. X, no. X, pp. X-X, xxx. 2024, doi: xx.xxxx/RITA.2024.xxxxxx.

número de alunos é $n = 50$, de 3 turmas (15, 15 e 20 alunos). São utilizadas as seguintes hipóteses: H_0 (a hipótese nula, em que os dados podem ser modelados usando a distribuição normal) e H_A (hipótese alternativa, em que os dados não são normalmente distribuídos). Assume-se que, se o valor de p não for inferior a 0,05, não é possível rejeitar a hipótese nula, o que significa que não existem provas suficientes para afirmar que o conjunto de dados não é normalmente distribuído. Neste caso, assume-se que os dados podem ser aproximados por uma distribuição normal. O teste de Shapiro-Wilk é utilizado devido à sua sensibilidade a amostras de pequena dimensão ($n < 50$) [26], o que é compatível com o número de alunos. A referência adotada para a força da correlação com base no valor absoluto do coeficiente de correlação r é: 0,00 - 0,19 (muito fraca), 0,20 - 0,39 (fraca), 0,40 - 0,59 (moderada), 0,60 - 0,79 (forte) e 0,80 - 1,00 (muito forte) [31].

A correlação é utilizada para analisar o comportamento dos dados, considerando a pontuação obtida pelos alunos e as diferentes métricas quantitativas.

III. RESULTADOS

A Tabela 3 apresenta as classificações obtidas em porcentagem para a teoria e a prática, separadamente e em combinação para obter a classificação final. A média e o desvio padrão também são apresentados. É possível observar que o resultado médio nas atividades práticas é muito superior ao da teoria. A nota final, que é calculada com base nelas, se aproxima mais da primeira devido ao seu maior número de horas.

As estatísticas do questionário 1 podem ser vistas nos *boxplots* da Fig. 3. De modo geral, verifica-se uma boa concordância com as afirmações. Seguem-se algumas outras observações.

A afirmação 5 tem a maior média (4,6) e o menor desvio padrão (0,63), indicando um certo consenso de que a livre escolha do tema foi importante. Nesta análise, há que ter em conta o perfil heterogêneo dos alunos, o que pode dificultar a proposta de um tema pré-definido para o projeto final. Em contrapartida, a afirmação 3 apresenta a menor média (3,5) e o maior desvio padrão (1,25), sugerindo que a divisão de notas poderia ser, de alguma forma, melhorada para as aulas seguintes. No entanto, os regulamentos institucionais podem impor algumas restrições nesse sentido. As afirmações 8 e 10, que estão relacionadas com o *design*, a criatividade e o pensamento crítico, obtiveram um bom *feedback* médio (4,4), indicando uma boa aceitação da metodologia. Tendo em conta a falta de formação técnica e a idade dos alunos, é também um *feedback* positivo porque as perguntas também envolvem autonomia e maturidade. As questões 3 e 11 tiveram um *feedback* mais baixo (ou seja, menor que 4) e podem ser tema para estudos futuros, na tentativa de ter uma melhor contextualização, já que se referem a aspectos que não dependem apenas do curso, ou seja, regimento acadêmico e comparação com outros cursos.

TABELA 3
PONTOS ALCANÇADOS PELOS ALUNOS. AS PORCENTAGENS SÃO

PARA TEORIA E PRÁTICA, QUE COMBINADAS FORMAM A PONTUAÇÃO FINAL.

	Mean	Standard deviation
Theory %	63.1	12.24
Practice %	80.6	12.79
Final score %	75.4	10.78

Em relação ao questionário 2, a Fig. 4 mostra os resultados compilados do inventário com dois símbolos de marcação: triângulos e quadrados. Os triângulos significam que o aluno teve um resultado final acima da média da turma. Em contrapartida, os quadrados significam um resultado final abaixo da média. A intensidade das cores reflete a pontuação final, de modo que os triângulos mais escuros significam as pontuações mais altas e os quadrados mais escuros as pontuações mais baixas. É possível notar que os triângulos estão mais espalhados, enquanto os quadrados formam um aglomerado mais concentrado na origem dos eixos. Isso sugere que os melhores resultados são alcançados por alunos com menor equilíbrio entre os quadrantes.

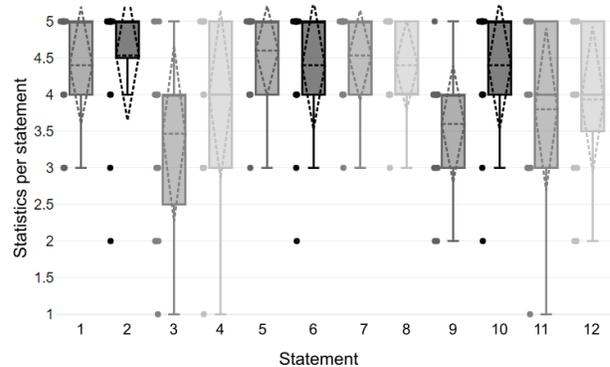


Fig. 3 Estatísticas do questionário 1. O gráfico mostra um *boxplot* para cada pergunta (afirmação) do questionário, em que os alunos têm de selecionar 1, 2, 3, 4 ou 5.

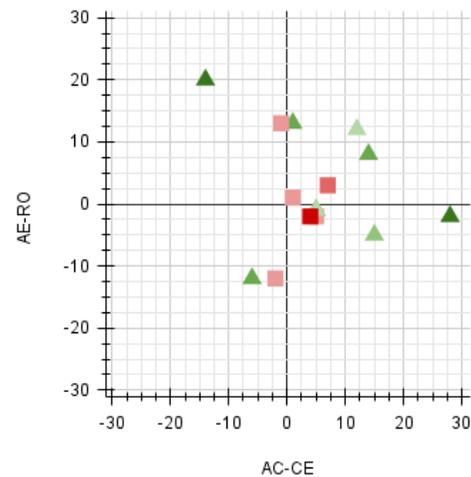


Fig. 4 Distribuição em quadrantes definidos pelos eixos AE-RO e AC-CE do LSI. Cada aluno é representado por um triângulo (se o resultado final for

Como citar este artigo: F. J. F. GONÇALVES, "Rethinking learning approaches in digital electronics education: Analyzing the experiential learning in a technical course in Brazil," in IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje, vol. X, no. X, pp. X-X, xxx. 2024, doi: xx.xxxx/RITA.2024.xxxxxx.

superior à média) ou um quadrado (se for inferior à média). Os triângulos mais escuros significam os resultados mais elevados; os quadrados mais escuros significam os resultados mais baixos.

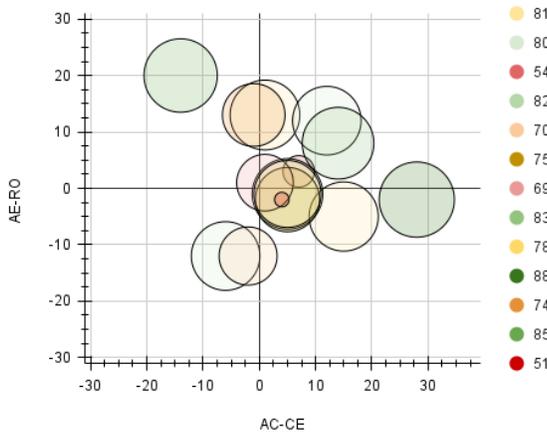


Fig. 5 Distribuição em quadrantes definidos pelos eixos AE-RO e AC-CE do LSI. Cada aluno é representado por um círculo. O diâmetro dos círculos representa o resultado final alcançado pelo respectivo aluno.

TABELA 4

RESULTADOS DO INVENTÁRIO EM TERMOS DE MÉDIA E CORRELAÇÃO COM AS NOTAS, COM AS DIFERENTES MÉTRICAS SOB INVESTIGAÇÃO.

	Mean	Correlation
CE	25.3	-0.29
RO	31.1	0.10
AC	30.3	-0.19
AE	33.3	0.28
AC - CE	4.9	0.15
AE - RO	2.2	0.22
Diagonal	12.1	0.61

TABELA 5

CORRELAÇÃO DA PONTUAÇÃO FINAL (TEORIA E PRÁTICA) COM AS MÉTRICAS CE, RO, AC, AE, AC-CE, AE-RO E DIAGONAL.

	Correlation			
Theory	CE	RO	AC	AE
Practice	-0.163	-0.151	-0.059	0.343
	-0.276	-0.029	0.038	0.248
	AC-CE	AE-RO	Diagonal	
Theory	0.050	0.276	0.691	
Practice	0.163	0.164	0.453	

Outra representação é a da Fig. 5, em que os círculos representam os alunos e os diâmetros são proporcionais aos resultados finais alcançados. É possível observar como os círculos menores tendem a estar próximos da origem, ao contrário dos maiores. Esta observação sugere que se poderia utilizar uma métrica alternativa e simples, ou seja, considerar apenas a distância à origem, como uma “diagonal” de um retângulo formado pela origem e a posição do marcador no plano. Esta maneira é usada na análise seguinte. Para

simplificar, os resultados do inventário são também aqui referidos como uma “métrica”.

O teste de normalidade de Shapiro-Wilk apresenta os seguintes valores de p : CE (0,226), RO (0,354), AC (0,093), AE (0,826), AC-CE (0,730), AE-RO (0,392), diagonal (0,304), pontuações finais (0,104). Como $p > 0,05$, a hipótese nula não é rejeitada, então, uma suposição normal é aplicada. A Tabela 4 apresenta a correlação entre a pontuação final e os resultados do inventário aplicado. Do maior negativo para o maior positivo temos as seguintes correlações r : -0,29 (CE), -0,19 (AC), 0,10 (RO), 0,15 (AC-CE), 0,22 (AE-RO), 0,28 (AE) e 0,61 (métrica diagonal). Isto indica que apenas o último é “forte”, enquanto os outros são “muito fracos” ou “fracos”.

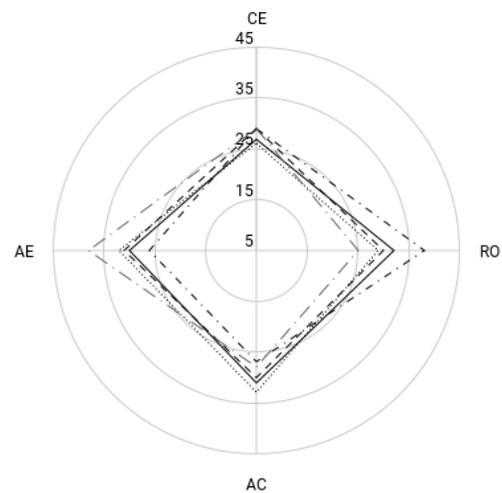


Fig. 6 Representação do diagrama de pipa LSI dos alunos com resultados abaixo da média da turma. Todos os diagramas tendem a ser mais simétricos (formas aproximadamente quadradas) em torno da origem.

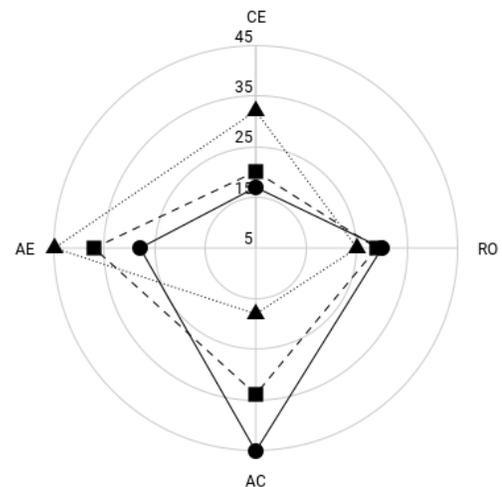


Fig. 7 Representação do diagrama de pipa LSI dos três alunos com os melhores resultados da turma. Nestes casos, é possível observar diagramas alongados (distorcidos). O diagrama de linha contínua é mais forte em AC, enquanto os outros dois (tracejado e pontilhado) são mais fortes em AE.

Mais entendimento pode ser obtido considerando a divisão

Como citar este artigo: F. J. F. GONÇALVES, "Rethinking learning approaches in digital electronics education: Analyzing the experiential learning in a technical course in Brazil," in IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje, vol. X, no. X, pp. X-X, xxx. 2024, doi: xx.xxxx/RITA.2024.xxxxxx.

entre teoria e prática, como na Tabela 5, onde se pode observar que a correlação segue a sequência CE-prática (-0,276), CE-teoria (-0,163), RO-teoria (-0,151), CA-teoria (-0,059), RO-prática (-0,029), CA-prática (0,038), EA-prática (0,248) e EA-teoria (0,343). Assim, a CE tem correlação negativa, a RO tem menos, a CA é equilibrada e a EA tem correlação positiva. Considerando as dimensões AC-CE, AE-RO e a métrica diagonal mais geral, os resultados são: AC-CE-teoria (0,050), AC-CE-prática (0,163), AE-RO-prática (0,164), AE-RO-teoria (0,276), diagonal-prática (0,453) e diagonal-teoria (0,691). Novamente, a diagonal tem mais correlação ('moderada' e 'forte', respectivamente), enquanto todas as outras são 'muito fracas' ou 'fracas'.

As Figuras 6 e 7 mostram o diagrama de pipa de alunos abaixo e acima da média, respectivamente. É possível ver que o primeiro tem formas mais quadradas, enquanto o segundo tem formas assimétricas. Isso sugere que alunos com um diagrama mais equilibrado tendem a não ter um desempenho tão bom quanto aqueles com uma característica proeminente.

A Figura 8 mostra os resultados alcançados pelos alunos em função da métrica diagonal calculada a partir dos dados da pesquisa 2 (inventário) e da pesquisa 1. Uma curva linear é ajustada aos pontos de dados dispersos para cada uma das séries, permitindo uma melhor visualização das relações descobertas. Em geral, melhores resultados em termos de notas (pontos, projetados no eixo esquerdo) foram obtidos por alunos que têm métrica diagonal maior (eixo horizontal) e, ao mesmo tempo, projetada no eixo direito, menos média (triângulos) e mais desvio padrão (quadrados) ao responder à pesquisa 1. Essa relação inversa em relação à métrica diagonal proposta e ao resultado médio da pesquisa 1, bem como a relação direta ao considerar o desvio padrão, pode ser interpretada como diferenças em maturidade, ponto de vista crítico e/ou critérios ao responder à pesquisa 1.

Finalmente, estendendo as conclusões para as classes subsequentes, um comportamento semelhante é observado quando mais alunos são considerados, como na Fig. 9, em que os resultados das classes 2022/1, 2022/2 e 2023/1 são considerados juntos. Deve-se mencionar que os dados não representam as classes completas de 2022/2 e 2023/1 porque nem todos os alunos responderam às pesquisas.

IV. CONCLUSÃO

Este artigo descreve um estudo sobre o ensino de sistemas digitais e microcontroladores, no contexto heterogêneo de um curso técnico profissional em mecatrônica de uma instituição pública no Brasil.

Duas pesquisas são realizadas, a primeira com o objetivo de ter um *feedback* geral sobre a metodologia, que conta com teoria, experimentos e um projeto final; a segunda foi o inventário de estilos de aprendizagem de Kolb, que permite classificar os alunos com relação aos seus estilos de aprendizagem preferidos. A partir desta pesquisa, nenhuma correlação forte foi identificada com o desempenho geral dos alunos, avaliado por

diferentes atividades teóricas e práticas. Esta ausência de correlação forte é semelhante ao que outros estudos concluíram na literatura [25-27]. Portanto, a resposta para a questão principal deste artigo é que o resultado dos alunos no curso é fracamente ou muito fracamente correlacionado aos seus estilos de aprendizagem, considerando o *framework* adotado.

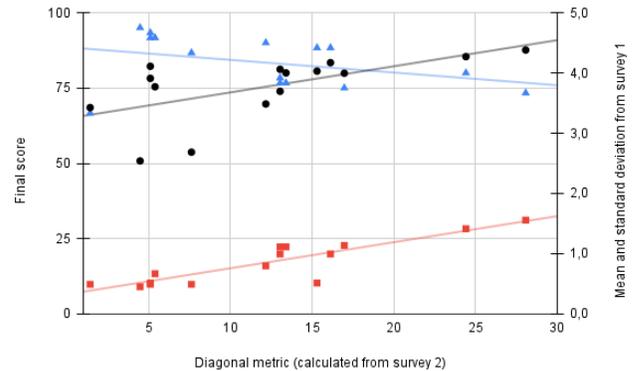


Fig. 8 As pontuações finais dos alunos (pontos) como uma função da métrica diagonal calculada a partir dos dados do inventário. A média (triângulos) e o desvio padrão (quadrados) para as questões da pesquisa 1 também são mostrados. Uma curva linear é traçada pela regressão de dados para cada uma das séries.

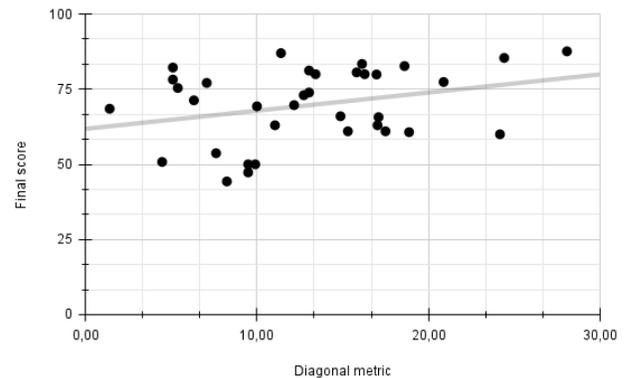


Fig. 9 Pontuações finais em função da métrica diagonal, considerando alunos das três turmas nos anos de 2022 e 2023. Uma curva cinza linear é ajustada numericamente aos dados para uma melhor visualização.

No entanto, ao identificar que os melhores resultados foram alcançados por alunos com baixa simetria nos diagramas de aprendizagem, foi possível propor o uso de uma métrica simples - aqui chamada de 'diagonal' - que demonstrou correlação mais forte com as notas e manteve consistência ao analisar novos alunos que frequentaram o mesmo curso em turmas subsequentes. Essa métrica mais neutra merece mais investigação, pois pode ser usada como um indicador em cursos semelhantes.

Os achados sugeriram que a aprendizagem real é basicamente independente dos estilos de aprendizagem de referência, dependendo, portanto, de outros fatores. Assim, há uma oportunidade de explorar esses outros fatores em trabalhos futuros, considerando aspectos socioeconômicos, culturais e

Como citar este artigo: F. J. F. GONÇALVES, "Rethinking learning approaches in digital electronics education: Analyzing the experiential learning in a technical course in Brazil," in *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, vol. X, no. X, pp. X-X, xxx. 2024, doi: xx.xxxx/RITA.2024.xxxxxx.

regionais. A eficácia de diferentes abordagens de ensino também merece mais discussão. Enfatizar uma estrutura educacional mais holística que combine aprendizagem experiencial com outras estratégias baseadas em evidências pode fornecer uma perspectiva mais equilibrada. Em relação a isso, o conhecimento dos estilos de aprendizagem ainda pode ser usado para aumentar a autoconsciência de alunos e tutores sobre os pontos fortes e fracos, conforme concluído em [25]. Trabalhos futuros envolvem estender o estudo para incluir mais turmas e cursos; abordando outras teorias de aprendizagem e implementando melhorias com base neste artigo. Outra linha interessante de investigação é a conexão com classes anteriores, por exemplo, verificando se as notas em cursos que são pré-requisitos indicam de alguma forma o desempenho no novo curso.

REFERÊNCIAS

- [1] Brasil. Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008: institui a rede federal de educação profissional, científica e tecnológica, cria os institutos federais de educação, ciência e tecnologia e dá outras providências, 2008. <http://www.planalto.gov.br/ccivil03/ato2007-2010/2008/lei/11892>
- [2] Brasil. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996: Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, 1996. <http://www.planalto.gov.br/ccivil03/leis/19394>
- [3] F.J.F. Gonçalves, "Aprendizagem experimental de circuitos digitais e microcontroladores em curso técnico concomitante do IFMG campus Ibirité". *Foco Interdisciplinary Studies* 15, 01/590–10, 2022. <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v15n6-020>
- [4] S. Natarajan, N. McCullen, S. Lo, D. Coley, O.A. Arja, F. Moran, "Practice before theory? an approach for testing sequencing effects in pedagogical design". *Int. J. Technol. Des. Educ.* 31, 981–1000, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09579-w>
- [5] S.D. Johnson, "Learning technological concepts and developing intellectual skills". *Int. J. Technol. Des. Educ.* 7, 161–180, 1997. <https://doi.org/10.1023/A:1008861003553>
- [6] R. McCormick, "Issues of learning and knowledge in technology education". *Int. J. Technol. Des. Educ.* 14, 21–44, 2004. <https://doi.org/10.1023/B:ITDE.0000007359.81781.7c>
- [7] D.E. Bolanakis, "A survey of research in microcontroller education". *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*. 14, 2, 50–57, 2019
- [8] S. Hachisuka, K. Kurita, S. Warisawa, "The Eye Gaze Tracking During Online Learning with Teacher's Face" in *2021 IEEE International Conference on Engineering, Technology & Education (TALE)*, 2021, pp. 1–2. <https://doi.org/10.1109/TALE52509.2021.9678775>
- [9] D. Dankovic, M. Marjanovic, N. Mitrovic, E. Zivanovic, M. Danković, A. Prijic, Z. Prijic, "The importance of students' practical work in high schools for higher education in electronic engineering". *IEEE Trans. on Educ.* pp. 1–10, 2022. <https://doi.org/10.1109/TE.2022.3202629>
- [10] B. Benson, A. Arfaee, C. Kim, R. Kastner, R.K. Gupta, "Integrating embedded computing systems into high school and early undergraduate education". *IEEE Trans. on Educ.* 54(2), 197–202, 2011. <https://doi.org/10.1109/TE.2010.2078819>
- [11] R.W.Y. Habash, C. Suurtamm, "Engaging high school and engineering students: A multifaceted outreach program based on a mechatronics platform". *IEEE Trans. on Educ.* 53(1), 136–143, 2010. <https://doi.org/10.1109/TE.2009.2025659>
- [12] D. Mioduser, N. Betzer, "The contribution of project-based-learning to high-achievers' acquisition of technological knowledge and skills". *Int. J. Technol. Des. Educ.* 18, 59–77, 2008. <https://doi.org/10.1007/s10798-006-9010-4>
- [13] P.A. Sanger, J. Ziyatdinova, "Project based learning: Real world experiential projects creating the 21st century engineer", in *2014 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL) 2014*, pp. 541–544. <https://doi.org/10.1109/ICL.2014.7017830>
- [14] P. Chung, R.C. Yeh, Y.C. Chen, "Influence of problem-based learning strategy on enhancing student's industrial oriented competencies learned: an action research on learning weblog analysis". *Int. J. Technol. Des. Educ.* 26, 285–307, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9306-3>
- [15] M. Best, *Problem-Based Learning in Technology Education*. Springer International Publishing, Cham, 2018, pp. 489–503. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44687-5_37
- [16] H.S. Hsiao, Y.C. Chang, K.Y. Lin, J.C. Chen, C.Y. Lin, G.H. Chung, J.H. Chen, "Applying the design thinking model to hands-on mechatronics stem activities for senior high school students to improve the learning performance and learning behavior". *Int. J. Technol. Des. Educ.* 33, 1389–1408, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10798-022-09778-7>
- [17] K. Yelamarthi, E. Drake, "A flipped first-year digital circuits course for engineering and technology students". *IEEE Trans. on Educ.* 58(3), 179–186, 2015. <https://doi.org/10.1109/TE.2014.2356174>
- [18] S. Niiranen, "Supporting the development of students' technological understanding in craft and technology education via the learning-by-doing approach". *Int. J. Technol. Des. Educ.* 31, 81–93, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10798-019-09546-0>
- [19] C.S. Schmitt, M.J.C.S. Domingues, "Estilos de aprendizagem: um estudo comparativo". *Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)* 21(2), 361–385, 2016
- [20] A. Pimentel, "A teoria da aprendizagem experiencial como alicerce de estudos sobre desenvolvimento profissional". *Estudos de Psicologia* 12(2), 159–168, 2007
- [21] D.A. Kolb, *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1984
- [22] D.A. Kolb, A. Kolb, *The Experiential Educator: Principles and Practices of Experiential Learning*. Experience Based Learning Systems, 2017
- [23] F.J.F. Gonçalves, "Desafios e perspectivas para a aplicação do modelo de aprendizagem experimental de Kolb no contexto da educação profissional técnica integrada no IFMG campus Ibirité". *Revista Brasileira de Educação Profissional e Tecnológica* 1, e13722, 2023. <https://doi.org/10.15628/rbept.2023.13722>
- [24] J. Han, D. Park, M. Hua, P.R.N. Childs, "Is group work beneficial for producing creative designs in stem design education?". *Int. J. Technol. Des. Educ.* 32, 2801–2826, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09709-y>
- [25] F. Coffield, D. Moseley, E. Hall, K. Ecclestone, *Learning styles and pedagogy in post-16 learning: A systematic and critical review*. London: Learning and Skills Research Centre, 2004
- [26] D.T. Willingham, E.M. Hughes, D.G. Dobolyi. "The Scientific Status of Learning Styles Theories". *Teaching of Psychology*, 42(3), 266–271. 2015 <https://doi.org/10.1177/0098628315589505>
- [27] S.E. Nancekivell, P. Shah, S.A. Gelman, "Maybe they're born with it, or maybe it's experience: Toward a deeper understanding of the learning style myth". *Journal of Educational Psychology*, 112(2), 221–235, 2020 <https://doi.org/10.1037/edu0000366>
- [28] T.C.S. Cerqueira, *Estilos de aprendizagem em universitários*. Ph.D. thesis, Universidade Estadual de Campinas, 2000
- [29] S.S. Shapiro, M. Wilk, "An analysis of variance test for normality (complete samples)". *Biometrika* 52, 591–611, 1965
- [30] A. Field, *Discovering statistics using SPSS*. 3 ed. London: SAGE publications Ltd, 2009
- [31] J.D. Evans, *Straightforward Statistics for the Behavioral Sciences*. Brooks/Cole Publishing, Pacific Grove, 1996

Fábio J. F. Gonçalves recebeu o título de bacharel em Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Brasil; mestrado e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais. Atualmente está no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. Seus interesses incluem ensino, engenharia elétrica e eletrônica.