

ISBN: 978-65-86558-51-7

UFSCar UNIVERSIDADE
FEDERAL DE
SÃO CARLOS

METODOLOGIAS ATIVAS APLICADAS NAS ENGENHARIAS UFSCAR

ORGANIZADORES

**CELSO APARECIDO DE FRANÇA
EDILSON REIS RODRIGUES KATO**

CPOI

Comissão Permanente
de Publicações Oficiais
e Institucionais da UFSCar

METODOLOGIAS ATIVAS APLICADAS NAS ENGENHARIAS UFSCAR

ORGANIZADORES

**CELSO APARECIDO DE FRANÇA
EDILSON REIS RODRIGUES KATO**

**São Carlos
2022**

© 2021 by Celso Aparecido de França, Edilson Reis Rodrigues Kato (organizadores).
Direitos dessa edição reservados à Comissão Permanente de Publicações Oficiais e
Institucionais - CPOI

É proibida a reprodução total ou parcial desta obra sem a autorização expressa do Editor.

Editoração eletrônica: Organizadores

Revisão Gramatical e Linguística: ABENGE/Cobenge

Normalização e Ficha Catalográfica: Marina P. Freitas CRB-08/ 6069

Dados internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Metodologias ativas aplicadas nas Engenharias UFSCar /
organizadores: Celso Aparecido de França, Edilson Reis
Rodrigues Kato. — São Carlos : UFSCar/CPOI, 2022.
64 p.

ISBN: 978-65-86558-51-7

Coletânea de artigos científicos apresentados no Congresso
Brasileiro de Educação em Engenharia – Cobenge.

1. Educação em Engenharia. 2. Metodologias ativas. 3. Evasão. I.
Título.



Reitora

Ana Beatriz de Oliveira

Vice-Reitor

Maria de Jesus Dutra dos Reis

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	3
APLICAÇÃO DA AULA EXPOSITIVA DIALOGADA PARA O PROJETO DE UM CONTROLADOR FUZZY INCREMENTAL	5
Celso Aparecido de França Edilson Reis Rodrigues Kato Osmar Ogashawara	
APLICANDO PBL PARA MELHORAR O DESEMPENHO DE UM CONTROLADOR FUZZY	PD+I 15
Celso Aparecido de França Edilson Reis Rodrigues Kato Osmar Ogashawara	
APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS (PjBL) ATRAVÉS DA COMPETIÇÃO DE ROBÔS	25
Celso Aparecido de França Helder Vinícius Avanço Galeti Robson Barcellos Flávio Yukio Watanabe Edilson Reis Rodrigues Kato	
APRENDIZAGEM COLABORATIVA NA DISCIPLINA DE ELETRÔNICA DE POTÊNCIA	35
Celso Aparecido de França Claudionor Francisco do Nascimento Edilson Reis Rodrigues Kato Carlos Alberto De Francisco	
SALA DE AULA INVERTIDA: APLICAÇÃO NO CURSO DE ENGENHARIA NA DISCIPLINA DE LÓGICA DIGITAL	45
Edilson Reis Rodrigues Kato Ricardo Menotti Celso Aparecido de França Roberto Santos Inoue	
DINÂMICA APLICADA NA DISCIPLINA DE INICIAÇÃO À ENGENHARIA ELÉTRICA PARA EVITAR EVASÃO	55
Celso Aparecido de França Helder Vinícius Avanço Galeti Robson Barcellos Edilson Reis Rodrigues Kato	

Apresentação

Novas Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Engenharias (DCNs) foram propostas pela Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE) e pelo Movimento Empresarial pela Inovação da Confederação Nacional da Indústria (MEI/CNI) com o objetivo de melhorar o ensino da graduação e da pós graduação na formação de profissionais mais qualificados e capacitados. A Resolução CNE/CES número 02 de 24 de abril de 2019 instituiu as novas Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia (DCNs de Engenharia).

Algumas das novidades das novas DCNs são: a formação seja baseada em competências e não mais em conteúdo, o acolhimento ao ingressante, estímulo ao uso de metodologias ativas entre outras.

O curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) vem desde a sua criação (em 2008) inserindo metodologias ativas em diversas disciplinas, bem como marcando presença nos eventos da ABENGE divulgando os resultados obtidos. O presente livro fornece uma coletânea de trabalhos sobre metodologias ativas que foram divulgados no Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), promovidos pela ABENGE.

O capítulo 1 trata da aula expositiva dialogada para projetar um Controlador Fuzzy Incremental (CFI). Em uma aula expositiva dialogada, os discentes perguntam, questionam e trocam informações para obter o conhecimento. Os discentes, através do uso de seus conhecimentos e questionamentos, são motivados a buscar e trocar informações para alcançar as soluções para a implementação desse controlador.

No capítulo 2 foi utilizada a metodologia PBL (aprendizagem baseada em problemas) para resolver o problema de projetar um controlador Fuzzy PD+I para melhorar o desempenho de um controlador PID tradicional. O capítulo teve como objetivo aplicar a metodologia ativa PBL para desenvolver habilidades de comunicação, planejamento, integração entre grupos, análise crítica e capacidade de solução de problemas.

A Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL) é apresentada no capítulo 3, onde através de um projeto são desenvolvidas várias habilidades: técnicas, de pesquisa, de trabalhar em grupo, de comunicação, liderança, entre outras. Essas habilidades foram desenvolvidas através do projeto de um robô seguidor de linha para alunos ingressantes no curso de engenharia elétrica. A metodologia foi dividida em três etapas: Preparação, Intragrupo e Intergrupar. A etapa de preparação se caracteriza pelas informações fornecidas pelo professor, a etapa intragrupo acontece dentro de cada grupo desenvolvendo seu projeto e a etapa intergrupar ocorre na interação entre os grupos durante a competição.

No mundo atual é desejável que os profissionais tenham competência para trabalhar em ambiente colaborativo se ajudando mutuamente para atingir determinado objetivo. A Aprendizagem Colaborativa (capítulo 4) tem o objetivo de trazer para o ambiente escolar essa competência do mundo profissional. Na Aprendizagem Colaborativa os alunos

trabalham em grupo em uma dada tarefa para desenvolver várias habilidades, entre elas: de comunicação, liderança, administração de problemas e análise de problemas e projetos. A implementação da Aprendizagem Colaborativa foi implantada na disciplina de Eletrônica de Potência do curso de Engenharia Elétrica da UFSCar. Os alunos foram incentivados a elaborar projetos para aulas práticas da disciplina.

O capítulo 5 mostra a metodologia da Sala de Aula Invertida (Flipped Classroom) onde o estudante se prepara estudando antes para as atividades em sala de aula, durante a aula praticam os conceitos aprendidos e depois revisam o conteúdo e estendem seu aprendizado. O capítulo tem como objetivo apresentar o uso da metodologia da Sala de Aula Invertida aplicado ao ensino da disciplina “Lógica Digital” dos cursos de graduação em Engenharia e Ciência de Computação da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

No capítulo final (capítulo 6), é mostrado um estudo da aplicação das metodologias ativas na disciplina de Iniciação à Engenharia Elétrica e sua influência na evasão do curso. A disciplina de Iniciação à Engenharia Elétrica na UFSCar foi criada em 2009 e desde então vem se alterando na forma de transmitir os conteúdos aos alunos. O resultado dessa dinâmica vem sendo acompanhada pelos professores responsáveis, que aplicam questionários no fim do semestre para analisar, avaliar e propor alterações na forma pela qual o conteúdo é exposto. Técnicas de metodologia ativa são aplicados na disciplina (TBL, PBL, aula dialogadas, entre outras). Este capítulo final mostra a importância da aplicação das metodologias ativas no ensino.

APLICAÇÃO DA AULA EXPOSITIVA DIALOGADA PARA O PROJETO DE UM CONTROLADOR FUZZY INCREMENTAL¹

Celso Aparecido de França
Edilson Reis Rodrigues Kato
Osmar Ogashawara

O ensino tradicional é centrado na fala do professor em aulas expositivas, o que faz com que os discentes sejam atores passivos com pouca interação no processo de aprendizagem. Com o intuito de motivar os discentes, de transformá-los em parte integrante do processo de Ensino Aprendizagem, tem sido proposto vários métodos de aprendizagem denominados de metodologias ativas. São várias metodologias ativas que vêm sendo aplicadas e testadas: aula invertida, PBL (do Inglês Problem Based Learning), instrução por pares, aula dialogada, entre outras. Este trabalho utiliza a aula expositiva dialogada para projetar um Controlador Fuzzy Incremental (CFI). Em uma aula expositiva dialogada, os discentes perguntam, questionam e trocam informações para obter o conhecimento. Isso faz com que os discentes sejam atores ativos dentro do processo. O objetivo foi motivar o discente, através do uso de seus conhecimentos e questionamentos, a buscar e trocar informações para alcançar as soluções para a implementação desse controlador. Os resultados obtidos nos estudos foram animadores. Os discentes reforçaram seus conhecimentos técnicos sobre lógica e controladores Fuzzy, aprenderam a projetar um CFI, além de confirmarem e observarem a importância dos ajustes adequados dentro do sistema. O processo todo incentivou os discentes a discutirem e trocarem informações tornando o aprendizado mais agradável e sólido.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Aguiar Jr (2005), o ensino pode ser realizado de duas maneiras. O ensino pode ser feito como uma “forma de transmissão de saberes” ou como um método de “assinalar caminhos para a aprendizagem”. Na primeira perspectiva, o planejamento do ensino é centrado na fala do professor em aulas expositivas (AGUIAR JR, 2005). Nesse caso os discentes são atores passivos no processo de aprendizagem. Na segunda perspectiva o planejamento do ensino prioriza potencializar as ações dos discentes, tornando-os sujeitos ativos dentro do processo de aprendizagem, nesse caso ao invés de aulas expositivas o docente pode utilizar das metodologias ativas de aprendizagem.

As aulas expositivas podem ser feitas através de quadro negro e giz ou através de recursos tecnológicos (projektor multimídia) onde o docente transmite as informações aos discentes. A atuação dos discentes nessas aulas é obter informações ouvindo e anotando

¹ FRANÇA, C. A.; KATO, E. R. R.; OGASHAWARA, O. Aplicação da Aula Expositiva Dialogada para o Projeto de um Controlador Fuzzy Incremental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA., 47, 2019, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: COBENGE, 2019. (Artigo publicado originalmente nos anais).

o docente para poder reproduzi-las futuramente, sendo, portanto, considerada uma atividade passiva.

Por outro lado, as metodologias ativas, propõe um maior engajamento do discente tornando-os construtores dos saberes. São várias metodologias ativas que vêm sendo aplicadas e testadas: aula invertida, PBL (do Inglês Problem Based Learning), instrução por pares, aula dialogada, entre outras.

Para se envolver ativamente no processo de aprendizagem, o discente deve ler, escrever, perguntar, discutir ou estar ocupado em resolver problemas e desenvolver projetos (MEYERS; JONES, 1993). Capraro (2007) comenta que a Aula Expositiva Dialogada (AED) substitui com vantagens a aula dialogada, vendo com maior vantagem a participação do discente em discussões gerando parcerias e trocas de conhecimentos.

A AED, segundo Coimbra (2017), pode ser decomposta em 5 fases: Inspiração, Problematização, Reflexão, Transpiração e Síntese. A inspiração é a motivação, é a proposição de temas de interesse aos discentes. A problematização é o relacionamento do tema proposto com a realidade, buscando situações concretas. A reflexão é o ponto de início para a resolução do problema, nesta etapa os discentes devem utilizar seus conhecimentos e trocar seus conhecimentos entre seus pares e com o docente. Na transpiração, o professor deve propor um roteiro para que, através dos esforços dos discentes, os objetivos sejam atingidos. A síntese é o momento final, onde o discente pode compartilhar o aprendizado adquirido.

Este trabalho mostra a aplicação da AED utilizando um projeto de um Controlador Fuzzy Incremental (CFI). O objetivo é motivar o discente, através do uso de seus conhecimentos e questionamentos, a buscar e trocar informações para alcançar as soluções para este controlador. O conhecimento a priori para o desenvolvimento do trabalho está relacionado aos sistemas de controle clássico (PID – Proporcional, Integrativo e Derivativo), a teoria de Lógica Fuzzy e aos controladores Fuzzy.

O artigo é dividido em 4 seções. Esta primeira seção relata a contextualização da problemática e apresenta o objetivo do artigo. Na segunda seção é apresentado informações sobre os sistemas de controle. A terceira seção mostra o desenvolvimento da metodologia aplicada e na última seção apresenta as considerações finais.

2 SISTEMAS DE CONTROLE

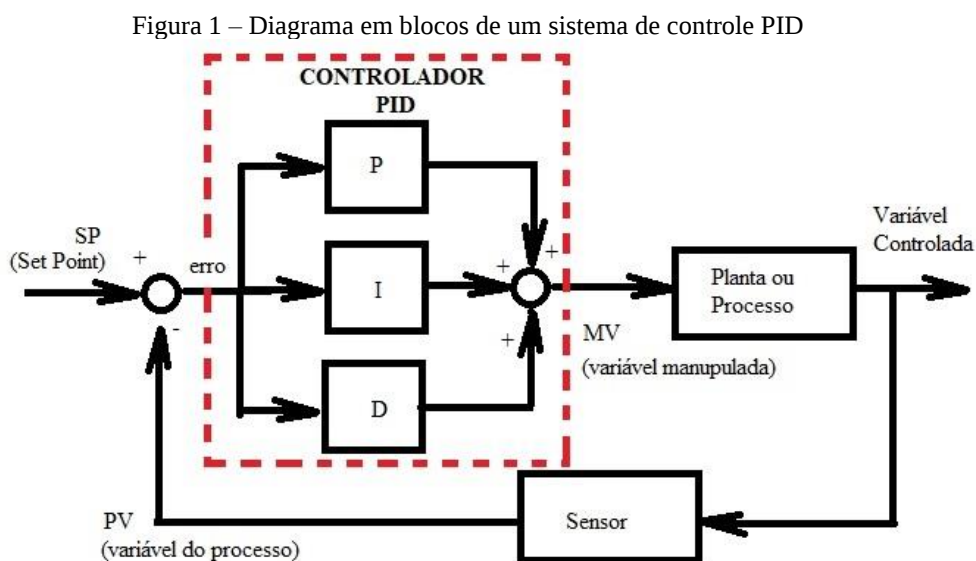
Sistemas de controle são essenciais na sociedade moderna, sendo utilizados em várias aplicações, tais como: as linhas de produção, em montadoras de veículos, em lançamentos de satélites, entre outras aplicações. As razões pelas quais os sistemas de controle são construídos, segundo Nise (2002), são: Amplificação de potência, Controle remoto, Facilidade do uso da forma de entrada e Compensação de perturbações.

Os sistemas de controle podem ser projetados através das teorias e técnicas de controle clássico, controle moderno, controle digital e controle inteligente. O controle clássico modela o sistema através das funções de transferências, o controle moderno utiliza as equações diferenciais na modelagem, o controle digital implementa os controladores através de microprocessadores e o controle inteligente aplica técnicas de inteligência artificial para executar uma ação de controle.

Segundo Campos e Saito (2004), a inteligência artificial (IA) consiste em implementar em um computador, as tarefas que os seres humanos consideram inteligentes. Tarefas essas que estariam ligadas ao raciocínio, à decisão e à aprendizagem. O raciocínio é a arte de inferir a partir de objetivos, fatos e conhecimentos para realizar uma determinada ação. A decisão é escolher uma determinada ação em detrimento de

outras. Por fim a aprendizagem é valorizar ou não as decisões a partir dos resultados obtidos.

Os controladores PID são amplamente utilizados no parque industrial devido a sua estrutura simples, de serem fáceis de projetar e de baixo custo de implementação (FENG, 2006). As desvantagens dos controladores PID aparecem quando o sistema a ser controlado apresenta não linearidades, fazendo com que o controlador não trabalhe satisfatoriamente. A Figura 1 mostra um sistema de controle em malha fechada utilizando um controlador PID. A entrada do controlador PID é o erro entre o valor de referência (SP, do inglês Set Point) e o valor da variável do processo (PV, do inglês Process Variable), através deste erro o controlador PID atua sobre a planta com o objetivo de diminuir ou anular esse erro.

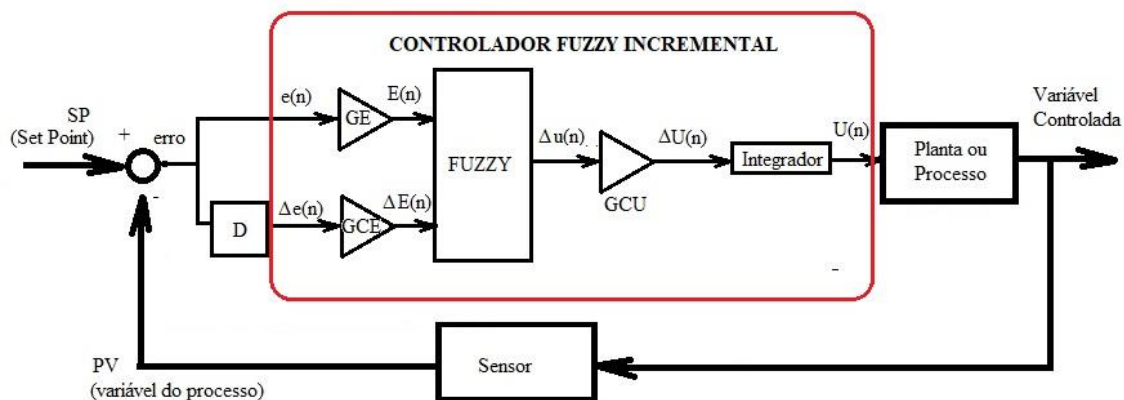


Fonte: próprio autor.

O Controlador Fuzzy tem sido usado por sua habilidade de manipular não linearidades e incertezas através da Teoria dos Conjuntos Fuzzy (FENG, 2006). No entanto, o controlador Fuzzy possui muitos parâmetros para ser ajustados (sintonizados) tais como: número de funções de pertinências utilizadas para cada variável, formato das funções, domínio das variáveis, regras e normalizações entre outras. É comum existir dificuldades para os discentes na elaboração de um projeto de controlador Fuzzy por causa das escolhas erradas dos parâmetros.

Jantzen (2007) apresenta as seguintes estruturas de controladores Fuzzy: controlador Fuzzy-P (de Proporcional), controlador Fuzzy-PD (de Proporcional Derivativo), controlador Fuzzy PD+I (de Proporcional Derivativo mais integrativo) e controlador Fuzzy Incremental. O controlador Fuzzy PD+I corresponde ao controlador PID convencional e o Controlador Fuzzy Incremental (CFI) é análogo ao controle PI (Proporcional Integrativo) convencional. Neste trabalho será usado o CFI, cujo diagrama em blocos é mostrado na Figura 2. Na Figura 2 nota-se que o controlador Fuzzy possui duas entradas, Erro ($e(n)$) e Variação do Erro ($\Delta e(n)$) e uma saída, Variação de controle ($U(n)$). Além disso, o CFI, possui três ganhos (GE, GCE e GCU) que devem ser ajustados.

Figura 2 – Diagrama de um sistema com o Controlador Fuzzy Incremental.



Fonte: próprio autor.

3 METODOLOGIA

Este trabalho foi aplicado na disciplina de Controle Inteligente do curso de Engenharia Elétrica, ministrada na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Os requisitos para acompanhar a disciplina, são os conhecimentos da teoria de Sistemas de Controle e de Lógica de Programação. A ementa da disciplina contempla teoria básica de Sistemas Especialistas, Lógica Fuzzy, Redes Neurais e Algoritmos Genéticos.

A AED foi realizada em grupo utilizando um problema de projeto de um Sistema de Controle Fuzzy e foi aplicada após as aulas da teoria de Lógica Fuzzy. Sá *et al.* (2017) notaram que os professores que recorrem mais às AED e atividades em grupo obtém os discentes mais atentos e participativos.

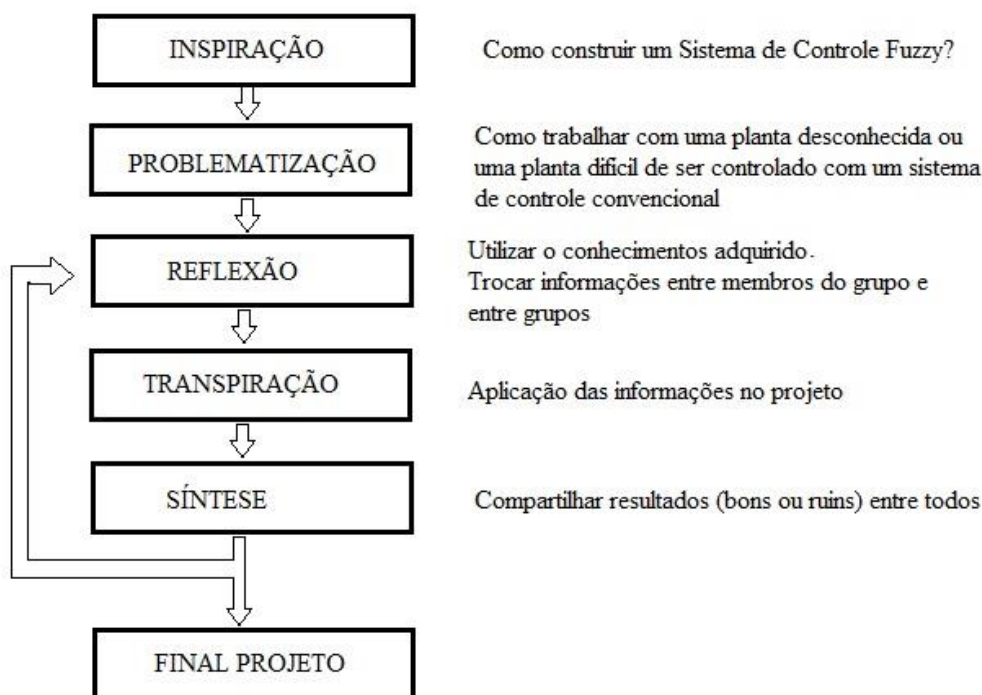
Um sistema de controle Fuzzy possui vários parâmetros a serem ajustados. Gomide e Gudwin (1994) dividem esses parâmetros em duas categorias: Fixos e variáveis. Como parâmetros fixos (ou estruturais), os autores listam: número de variáveis de saída, número de variáveis de entrada, recursos de operação sobre os dados de entrada (somas, multiplicações, etc.), variáveis linguísticas, funções de pertinência parametrizadas, intervalos de discretização e normalização, estrutura da base de regras e conjunto básico de regras. Como parâmetros variáveis (ou de sintonização), os mesmos autores enumeram: universo de discurso das variáveis, parâmetros das funções de pertinência (tais como altura, largura ou conjunto suporte) e ganhos e *offset* das entradas e saídas.

Portanto, são muitos parâmetros para ajustes e qualquer alteração em um deles, leva o sistema a responder de uma certa forma, melhorando ou piorando o desempenho. A Figura 3 apresenta o diagrama de blocos da metodologia aplicada. Este diagrama é uma alteração das fases proposta por Coimbra (2017) sobre a AED, no caso a fase de síntese será usada para reportar os resultados, bons ou ruins, e será a realimentação para a fase de reflexão. A motivação da fase de Inspiração foi propor aos discentes projetar e simular um sistema de controle Fuzzy incremental de uma planta desconhecida e descobrir quais os passos (ou a metodologia) para desenvolver um CFI partindo do zero.

Na fase de Problematização, Campos e Saito (2004) citam vários casos industriais e científicos no qual o controle Fuzzy é vantajoso. Entre esses casos, os autores citam: controle de centrais termoeletrônicas, funcionamento automático de trens, controle de processos petroquímicos, sistemas inteligentes para eletrodomésticos e sistemas de controle na indústria aeroespacial. Neste ponto foi discutido com os discentes por que utilizar o controle Fuzzy e não o controle clássico, assim os discentes tiveram que utilizar o conhecimento dado nas aulas

teóricas e sua intuição para dialogarem entre si as possíveis causas. Foi citado entre outras causas: a não necessidade de modelar o sistema; a possibilidade de alguns dos sistemas serem não-lineares; a possibilidade de se utilizar os conhecimentos dos operadores humanos e a possibilidade de alguns sistemas terem várias entradas e/ou saídas. O papel do professor nessa fase é de orientar o diálogo fazendo perguntas para dirigir o raciocínio dos discentes.

Figura 3 – Diagrama de blocos da metodologia aplicada.



Fonte: próprio autor.

Na fase de Reflexão os discentes devem dialogar entre si, com os membros do grupo utilizando os conhecimentos sobre a teoria de controle e sobre controladores Fuzzy para projetar o sistema. No caso, o CFI da Figura 2 foi o utilizado e, portanto, os discentes deveriam conhecer a estrutura desse controlador. Nessa fase foram levantados os itens que deveriam ser projetados ou ajustados, no caso, os ganhos do sistema e a Lógica Fuzzy (regras, funções de pertinências, entre outros).

Na fase de Transpiração, o professor propõe uma metodologia para a realização do projeto. No trabalho presente, o controlador Fuzzy tem duas entradas (Erro e Variação do Erro) e uma saída (sinal de controle). Foi definido utilizar cinco conjuntos Fuzzy para cada entrada e também para a saída, sendo: NG (negativo grande), NP (negativo pequeno), ZZ (zero), PP (positivo pequeno) e PG (positivo grande). Com essa definição, forem necessárias 25 regras para o controlador Fuzzy. Essas regras, mostradas na Tabela 1, já são bem definidas e podem ser encontradas em qualquer livro ou artigo sobre controladores Fuzzy.

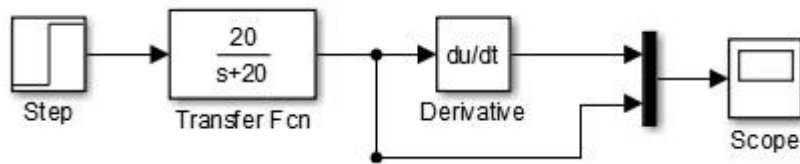
Tabela 1 – Regras do controlador Fuzzy com duas entradas

		Variação do Erro				
		NG	NP	ZZ	PP	PG
Erro	NG	NG	NG	NG	NP	ZZ
	NP	NG	NP	NP	ZZ	PP
	ZZ	NP	NP	ZZ	PP	PP
	PP	NP	ZZ	PP	PP	PG
	PG	ZZ	PP	PG	PG	PG

Fonte: próprio autor.

A Figura 4 ilustra o diagrama utilizado para levantar os parâmetros da planta. Esta planta, a princípio poderia ser desconhecida, pois foi estudado o seu comportamento quando a mesma foi submetida a um degrau unitário, verificando a saída da planta bem como a sua derivada.

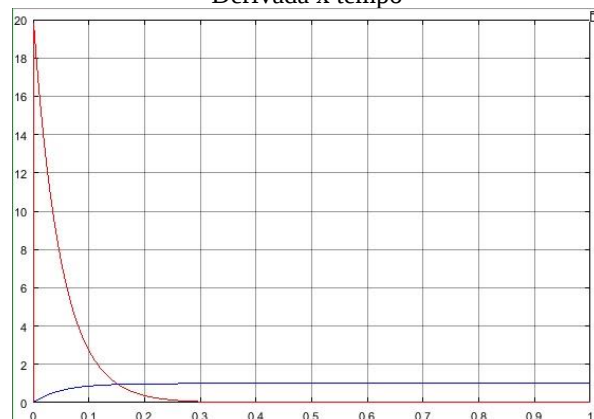
Figura 4 – Diagrama para levantamento dos parâmetros da planta.



Fonte: próprio autor.

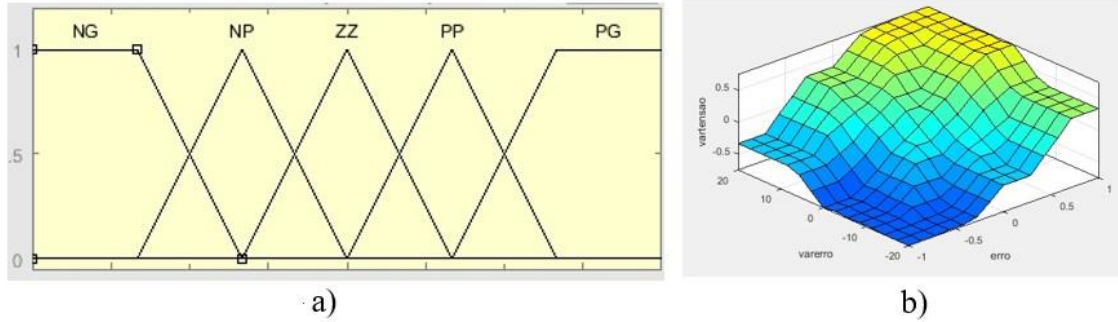
O resultado da simulação é mostrado na Figura 5, onde pode ser notado que a derivada varia de 0 até o valor de 20. Como a planta está em malha aberta, verifica-se que este atinge o seu máximo depois de 0,25 segundos. Com isso, os discentes são instigados a pensar qual o valor do universo do Erro, da Variação do Erro e do sinal de controle que foram utilizados no controlador Fuzzy. A maioria dos grupos chegou à conclusão de usar, no controlador Fuzzy, o valor de $[-1, 1]$ para o universo da variável Erro, já que esta é a diferença inicial do valor de referência e a saída. Para o universo da variável Variação do Erro foi usado o valor de $[-20, 20]$ baseado na simulação da Figura 4. Por fim o universo do Sinal de Controle foi usado o valor de $[-1, 1]$, que seria o valor máximo que a planta pode atingir. Os conjuntos Fuzzy utilizados para as três variáveis são mostrados na Figura 6(a), diferindo apenas o universo de discurso. Na Figura 6(b) pode ser observada a superfície não linear obtida no controlador Fuzzy.

Figura 5 – Resultado do levantamento dos parâmetros da planta
Derivada x tempo



Fonte: próprio autor.

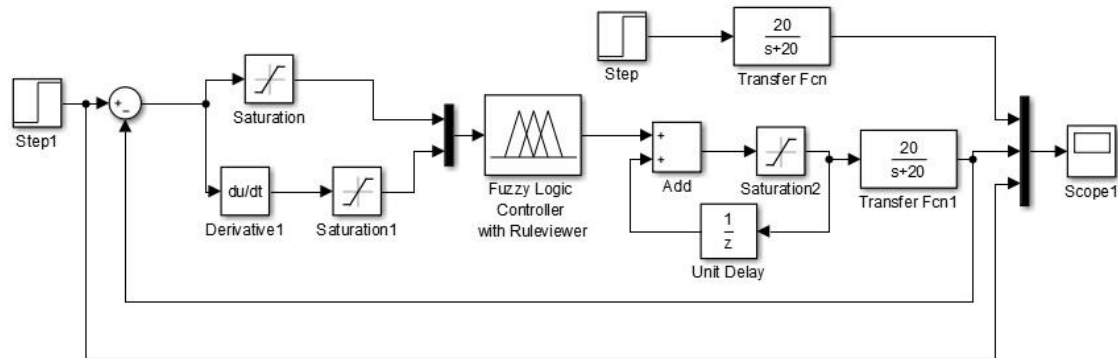
Figura 6 – a) Conjuntos Fuzzy das variáveis. b) superfície obtida



Fonte: próprio autor.

Os grupos construíram o controlador Fuzzy mostrado na Figura 7, onde a Saturação do Erro (Saturation) tem o mesmo universo de discurso do Erro, a Saturação da Derivada do Erro (Saturation 1) tem o universo da Variação do Erro e a Saturação do Controlador (Saturation 2) tem o universo da saída do controlador, isto é feito para evitar que um valor desconhecido seja inserido na lógica Fuzzy.

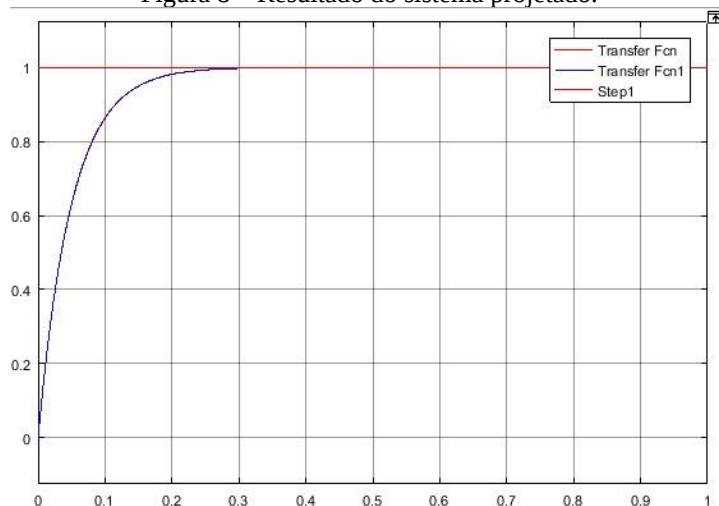
Figura 7 – Controlador Fuzzy incremental.



Fonte: próprio autor.

O resultado obtido na simulação é apresentado na Figura 8. Nesta parte entra a fase de síntese, onde os discentes verificam os resultados e trocam informações com outros grupos. Alguns grupos não haviam conseguido o resultado final e foi através dessa troca de informação que eles conseguiram fazer as correções necessárias. A maioria dos problemas que ocorreram foram: erro na construção das regras Fuzzy, valores errados no universo de discurso e valores errados nos ganhos. Nessa fase foi aberta discussão sobre os resultados obtidos onde os próprios discentes questionaram o uso do controlador Fuzzy uma vez que o desempenho do mesmo era idêntico ao desempenho da planta em malha aberta. Aqui é importante o professor salientar a importância de ter um projeto inicial do controlador e que ajustes podem ser feitos para obter uma melhor solução. Com isso foi solicitado aos discentes pensarem em soluções voltando à fase de Reflexão mostrada na Figura 3.

Figura 8 – Resultado do sistema projetado.

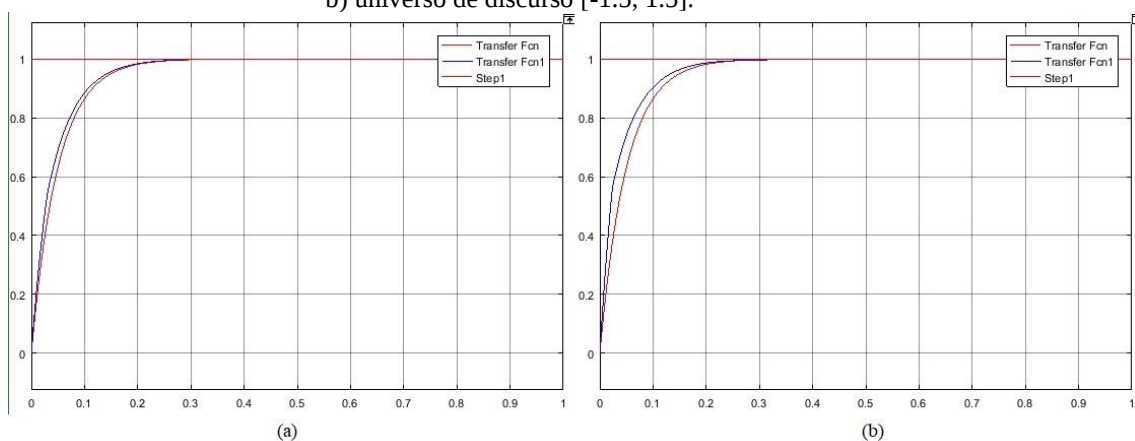


Fonte: próprio autor.

Na segunda volta à fase de Reflexão, os discentes foram questionados quanto à saída dos controladores clássicos, isto é, qual o valor que o controlador entregava para a planta. Com isso muitos grupos chegaram à conclusão que o valor de saída do controlador poderia ser maior que o valor de referência, e que isso até era a causa do sobressinal nos controladores clássicos.

Com isso, na fase de Transpiração, os grupos tiveram liberdade para alterar e estudar o universo de discurso da variável de saída. A Figura 9 mostra a simulação desses estudos em (a) o universo de discurso da variável de saída foi $[-1.2, 1.2]$ e em (b) o universo de discurso utilizado foi de $[-1.5, 1.5]$. Pode-se notar, pela Figura 9, que houve uma melhora no desempenho do sistema se comparado à saída apresentada na Figura 8.

Figura 9 - Estudo da variável sinal de controle. a) universo de discurso $[-1.2, 1.2]$.
b) universo de discurso $[-1.5, 1.5]$.



Fonte: próprio autor.

Com os estudos realizados na fase de Transpiração, os discentes passaram para a fase de Síntese trocando informações entre os grupos. Alguns grupos aumentaram muito o universo de discurso da variável de saída obtendo uma pequena melhoria, mas deixando o sistema muito ruidoso. Outros grupos alteraram só o universo de discurso da variável de saída e esqueceram de alterar o ganho (Saturation2 da Figura 7) no diagrama do sistema. Novamente aqui o trabalho entre os grupos deve ser louvado.

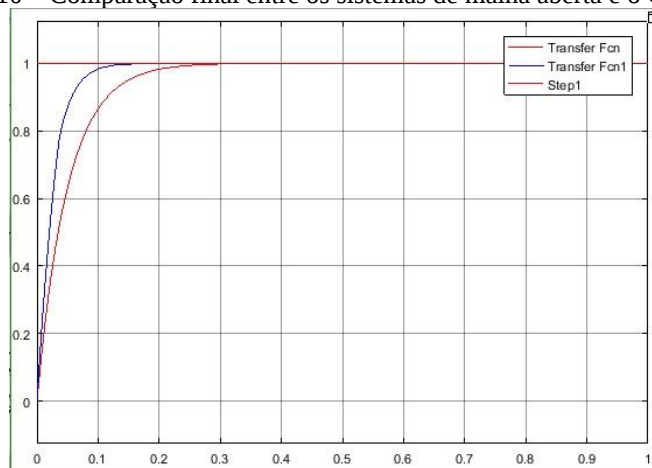
Na fase de Síntese, os discentes se mostraram motivados a alterar outros parâmetros citando: alterar o número de regras, o universo de discurso das variáveis de entrada, alterar o formato dos conjuntos Fuzzy, mudar o modo de defuzzificação, entre outras sugestões. Como são vários parâmetros, foi solicitado aos discentes fazer um estudo sobre a variável de entrada Erro.

Voltando novamente à fase de Reflexão foi perguntado aos discentes se o valor de saída do controlador deveria ser grande, médio ou pequeno caso o erro fosse igual a 1. Lembrando que foi usado o degrau unitário, o valor 1 será o maior valor do erro. Foi pedido aos discentes a pensar também qual deveria ser o valor da saída do controlador se o valor do erro fosse 0.9, ou 0.8, ou 0.5. A conclusão obtida pelos discentes foi que a saída do controlador deveria ser mantida no máximo enquanto o valor do erro fosse grande.

Na fase de Transpiração, os discentes alteraram o universo de discurso da variável de saída, não esquecendo de alterar o ganho do Erro (Saturation da Figura 7). A Figura 10 mostra a simulação do sistema com o universo da variável Erro de $[-0.5, 0.5]$.

Na fase de Síntese, os discentes perceberam e aprenderam a projetar o controlador iniciando com um estudo do desempenho em malha aberta. Notou-se que o desempenho do sistema melhorou com o controlador Fuzzy, que pode ser visto na Figura 10 onde a curva azul representa o controlador Fuzzy e a curva vermelha o sistema em malha aberta.

Figura 10 – Comparação final entre os sistemas de malha aberta e o CFI.



Fonte: próprio autor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da AED ao problema da construção de um CFI permitiu aos discentes obterem, de uma forma clara e consistente, uma metodologia para o projeto desse controlador.

A aula foi realizada em 4 horas, portanto, muitas outras opções de ajustes do sistema não foram exploradas, o que não impede que os discentes as realizem fora da sala de aula.

Como resultado da AED que utiliza a interação entres os discentes e a interação com o professor levou a vários questionamentos e trocas de informações. Isso foi benéfico, pois se o problema fosse só apresentado numa aula de forma expositiva sem haver essa troca de informações muito do aprendizado seria negligenciado. Os discentes aprenderam com os seus erros e acertos, bem como com os erros e acertos dos outros grupos.

Um ponto interessante foi reparar que os discentes gostam de passar o conhecimento que adquirem aos outros, isso leva a outra questão importante: segundo a famosa pirâmide de aprendizado de William Glasser (1986) as pessoas aprendem apenas 20% quando ouvem, quando discutem um tema essa porcentagem sobe para 70% chegando a 95% quando ensinam outras pessoas. Com isso, foi notado que a motivação dos discentes foi bastante alta, deixando-os mais livres para explorar e utilizar o conhecimento no projeto do controlador.

Os resultados obtidos nos estudos foram animadores, pois os discentes reforçaram seus conhecimentos técnicos sobre a lógica e os controladores Fuzzy, aprenderam a projetar um CFI, além de confirmarem e observarem a importância dos ajustes adequados dentro de um sistema. A proposta da solução e a observação de sua aplicação incentivaram os discentes, tornando o aprendizado mais agradável e sólido.

REFERÊNCIAS

AGUIAR JR, O. G. **Modulo II: o planejamento do Ensino**. Belo Horizonte: SEE/MG, 2005. (Projeto Escolas – Referência).

CAMPOS, M. M.; SAITO, K. **Sistemas Inteligentes em Controle e Automação de Processos**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2004.

CAPRARO, L. Técnicas de Ensino a Serviço do Professor Engenheiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO EM EDUCAÇÃO., 35, 2007, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba, 2007.

COIMBRA, C. L. A Aula Expositiva Dialogada em uma Perspectiva Freireana. In: LEAL, E. A.; MIRANDA, G. J.; CASA NOVA, S. P. (org.). **Revolucionando a Sala de Aula**. São Paulo: Editora Atlas, 2017. Cap.1, p. 1-14.

FENG, G. A Survey on Analysis and Design of Model-Based Fuzzy Control Systems. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, v. 14, n. 5, p. 676-697, 2006.

GOMIDE, F. A. C.; GUDWIN, R. R. Modelagem, Controle, Sistemas e Lógica Fuzzy, **SBA Controle & Automação**, v. 4, n. 3, p. 97-115, 1994.

JANTZEN, J. **Foundations of Fuzzy Control**. England: John Wiley & Sons Ltd, 2007.

MEYERS, C.; JONES, T. B. **Promoting active learning**. São Francisco: Jossey Bass, 1993.

NISE, N. S. **Engenharia de Sistemas de Controle**. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

SÁ, E.; QUADROS, A. L.; MORTIMER, E. F.; SILVA, P. S.; TALIM, S. L. As Aulas de Graduação em uma Universidade Pública Federal: Planejamento, Estratégias Didáticas e Engajamento dos Estudantes, **Revista Brasileira de Educação**, v. 22, n. 70, pp.625-650, jul-set. 2017.

GLASSER, William. **Control theory in the classroom**. New York: Perennial Library, 1986

APLICANDO PBL PARA MELHORAR O DESEMPENHO DE UM CONTROLADOR FUZZY PD+I²

Celso Aparecido de França
Edilson Reis Rodrigues Kato
Osmar Ogashawara

As aulas expositivas focada no professor torna o aprendizado uma atividade mecânica, com pouca interação no processo de aprendizagem. Com o intuito de motivar os discentes e transformá-los em parte integrante do processo vários métodos de aprendizagem ativas têm sido apresentadas: PBL (aprendizagem baseada em problemas), Instrução por Pares, Role-Play, Storytelling entre outras. Neste artigo foi utilizada a metodologia PBL para resolver o problema de projetar um controlador Fuzzy PD+I para melhorar o desempenho de um controlador PID tradicional. Essa metodologia incentiva o desenvolvimento de várias habilidades, tais como: comunicação, trabalho em grupo, criatividade, análise, desenvolvimento de projetos e capacidade de solução. Os discentes questionam e trocam informações para obter o conhecimento. O objetivo do trabalho foi solidificar os conhecimentos técnicos aprendidos em aulas teóricas, bem como as habilidades de trabalhar em grupo, de analisar e propor soluções. Os resultados alcançados foram positivos, com os discentes reforçando seus conhecimentos teóricos na solução de projetar um controlador Fuzzy PD+I que tivesse um desempenho melhor do que o controlador PID tradicional. Foi positivo, também, as habilidades apresentadas pelos discentes na busca da solução do problema, tais como: pesquisas na internet, comunicação dentro dos grupos e entre os grupos, respeito aos companheiros, análise, desenvolvimento de projeto e capacidade de solução.

1. INTRODUÇÃO

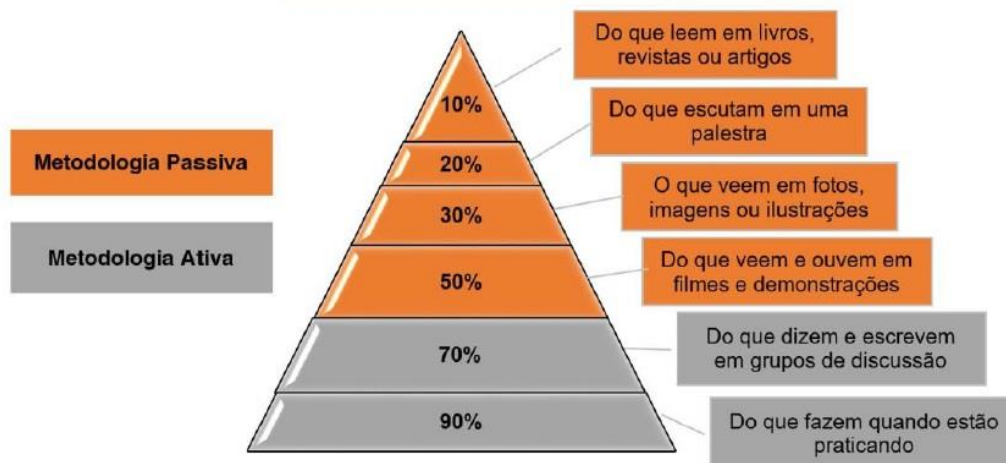
Apesar do mundo digital, amplamente conectado, que a inovação da tecnologia oferece nos dias de hoje, a aprendizagem ainda se caracteriza pelos ambientes tradicionais de ensino. No método tradicional, o aluno realiza tão somente uma atividade de memorização mecânica que em nada colabora com o despertar do senso crítico, criatividade, inovação e aprendizagem significativa do aluno (MUNHOZ, 2016).

Nos livros de educação e treinamento, nas conferências e artigos de periódicos, são amplamente citados que os discentes lembram 10% do que ouvem, 20% do que leem, sendo que esses percentuais aumentam em múltiplos de 10 caso os discentes estejam envolvidos com a aprendizagem ativa (MASTERS, 2013). Essas porcentagens são frutos de pesquisas que levaram à construção da Pirâmide de Aprendizagem da Figura 1, tendo

² FRANÇA, C. A.; KATO, E. R. R.; OGASHAWARA, O. Aplicando PBL para Melhorar o Desempenho de um Controlador Fuzzy PD+I. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA., 47, 2019, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: COBENGE, 2019. (Artigo publicado originalmente nos anais).

sido esta construção atribuída concomitantemente ao National Training Laboratories (NTL) e a Edgar Dale (LEITE, 2018). Pela Figura 1, nota-se que quanto mais o aluno se envolve ativamente no processo mais eles adquirem conhecimentos, alcançando índices de 70% a 90% de aprendizagem. Sendo que na metodologia passiva, ou tradicional, os discentes conseguem aprender no máximo 50% do conteúdo apresentado.

Figura 1 – Pirâmide de aprendizagem.



Fonte: Leite (2018).

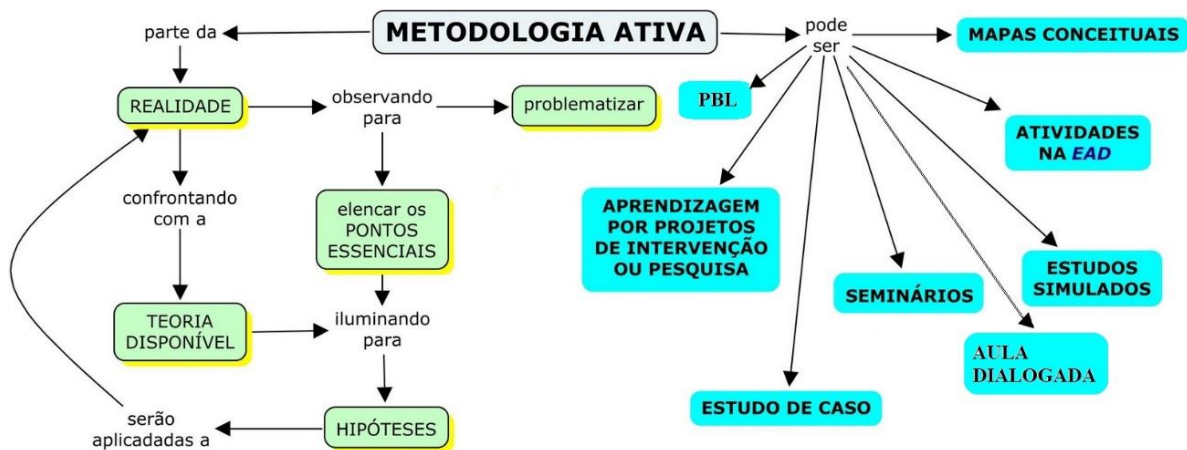
Para Leite (2018), na aprendizagem ativa o aluno assume uma postura mais efetiva, na qual ele resolve problemas, desenvolve projetos e, com isto, cria oportunidades para a construção de conhecimento, contrário à aprendizagem passiva que é baseada apenas na transmissão de informação. Dewey (1950) dá relevância para o aluno ativo na construção de seu conhecimento e na necessidade de romper com a tradicional aula expositiva, na qual os discentes apenas reproduziam e memorizavam o conteúdo de ensino.

A aprendizagem ativa ocorre, segundo Barbosa e Moura (2013), quando há interação entre o aluno e o assunto em estudo (ouvindo, falando, perguntando, discutindo, fazendo e ensinando) sendo estimulado a construir o conhecimento ao invés de recebê-lo de forma passiva do professor. Para esses autores, os professores, dentro da aprendizagem ativa, atuam como orientador, supervisor, facilitador do processo de aprendizagem, e não apenas como fonte única de informação e conhecimento.

Pinto *et al.* (2012) argumenta que as aulas expositivas ou tradicionais não são adequadas para desenvolver os seguintes atributos que integram o perfil profissional do engenheiro: valores éticos, capacidade de comunicação, trabalho em equipe, solução de conflitos, liderança, percepção dos impactos sociais, culturais e ambientais do trabalho profissional.

A Figura 2 apresenta um mapa conceitual de Pimentel (2010) sobre metodologia ativa. O lado esquerdo da Figura 2 apresenta o conceito da metodologia ativa, sendo que ela se inicia no mundo real onde são observados os problemas. Para solução desses problemas, os seus pontos essenciais devem se basear na teoria disponível com intuito de gerar hipóteses para serem aplicadas no mundo real. O lado direito da Figura 2 mostra algumas técnicas de metodologias ativas existentes, tais como: o PBL, a Aula Dialogada, a Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL), as Atividades à Distância (EAD), entre outras.

Figura 2 – Mapa conceitual da Metodologia Ativa.



Fonte: adaptado de Pimentel (2010).

Soares et al (2017) comenta que Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL, do inglês Problem Based Learning) surgiu em meados dos anos 60, por um grupo de professores liderados por John Evans, por causa de um descontentamento com a formação geral dos cursos de medicina. Esta nova metodologia foi desenvolvida na McMaster University, no Canadá, onde John Evans era professor.

O objetivo principal da Aprendizagem Baseada em Problemas é o aprendizado, onde os discentes passam a maior parte do tempo aprendendo - identificando o que precisam saber, descobrindo, ensinando uns aos outros para depois aplicar o novo conhecimento (HADGRAFT; PRPIC, 1999).

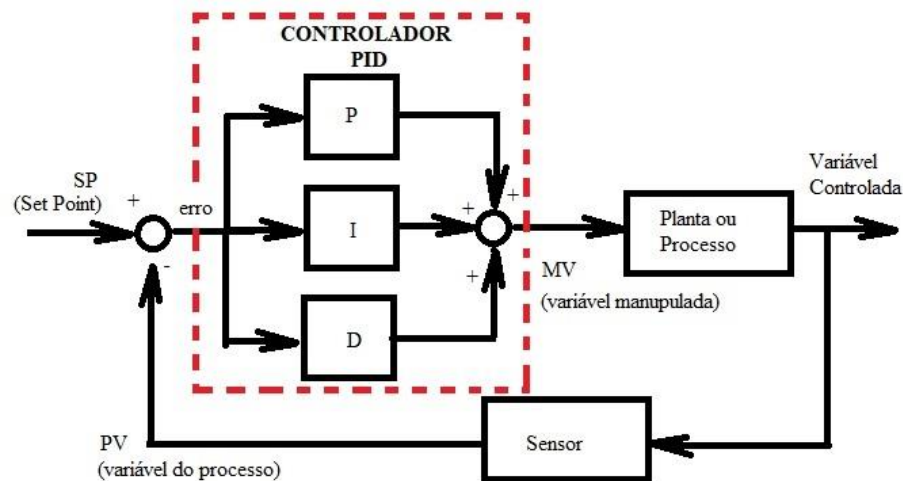
Este trabalho tem como objetivo aplicar a metodologia ativa PBL para desenvolver habilidades de comunicação, planejamento, integração entre grupos, análise crítica e capacidade de solução de problemas. Para isso o problema utilizado foi o de melhorar o desempenho de um controlador Fuzzy PD+I projetado a partir de em um controlador PID tradicional. Os controladores PID tradicionais são amplamente utilizados no chão de fábricas, mas nem sempre o seu desempenho é satisfatório o que gera perda de tempo e aumento de custos. Controladores que atuam de forma inteligente surgiram justamente para melhorar esse desempenho ou atuar em sistemas onde os controladores PID tradicionais não são adequados, por exemplo, em sistemas não lineares.

O trabalho está estruturado em quatro seções. Na segunda seção é apresentado informações sobre os sistemas de controle. A terceira seção mostra o desenvolvimento da metodologia aplicada e na última seção apresenta as considerações finais.

2. SISTEMAS DE CONTROLE

Os controladores PID tradicionais são amplamente empregados nos parques industriais por garantirem, na maioria dos casos, um bom desempenho e por terem suas bases teóricas solidificadas. O controlador PID trabalha em uma malha fechada e usa o erro do sistema para atuar na planta, ou processo, sendo que seu objetivo é melhorar e estabilizar seu desempenho. A Figura 3 mostra o diagrama em blocos de um sistema em malha fechada controlado por um controlador PID.

Figura 3 – Diagrama em blocos de um sistema de controle PID

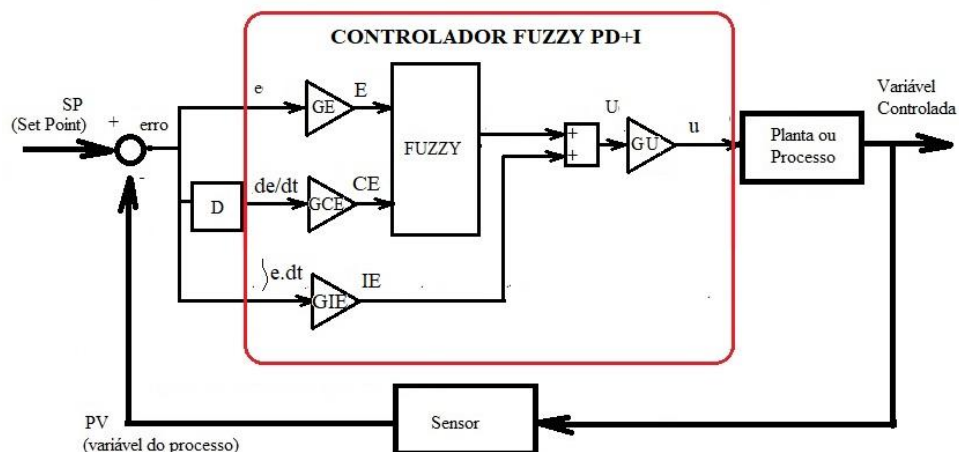


Fonte: próprio autor.

Nem sempre o controlador PID tradicional fornece um desempenho satisfatório, especialmente quando a planta a ser controlada não for linear. Para Feng (2006), uma forma de manipular sistemas não lineares e incertos é o uso do controlador Fuzzy. O controlador Fuzzy utiliza a lógica Fuzzy desenvolvida por Zadeh (1965). Este controlador possui muitos parâmetros que devem ser definidos e ajustados: número de variáveis, formato dos conjuntos Fuzzy, regras, ganhos do sistema, universo de discurso entre outras. Portanto é comum haver dificuldades em um projeto de um controlador Fuzzy.

Em Jantzen (2007) pode-se verificar as seguintes estruturas de controladores Fuzzy: controlador Fuzzy-P, controlador Fuzzy-PD, controlador Fuzzy PD+I e controlador Fuzzy Incremental. O controlador Fuzzy PD+I corresponde ao controlador PID convencional e o controlador Fuzzy Incremental é análogo ao controle PI convencional. Neste trabalho será usado o controlador Fuzzy PD+I, cujo diagrama em blocos é mostrado na Figura 4. Pela Figura 4 nota-se que o controlador Fuzzy possui três entradas, sendo o erro (e) e variação do erro (de/dt) aplicados no bloco da lógica Fuzzy (FUZZY) e a integral do erro ($\int e dt$). Além disso, o controlador Fuzzy PD+I, possui quatro ganhos (GE , GCE , GIE e GU) que devem ser ajustados.

Figura 4 – Diagrama de um sistema com o Controlador Fuzzy PD+I.



Fonte: próprio autor.

3. METODOLOGIA

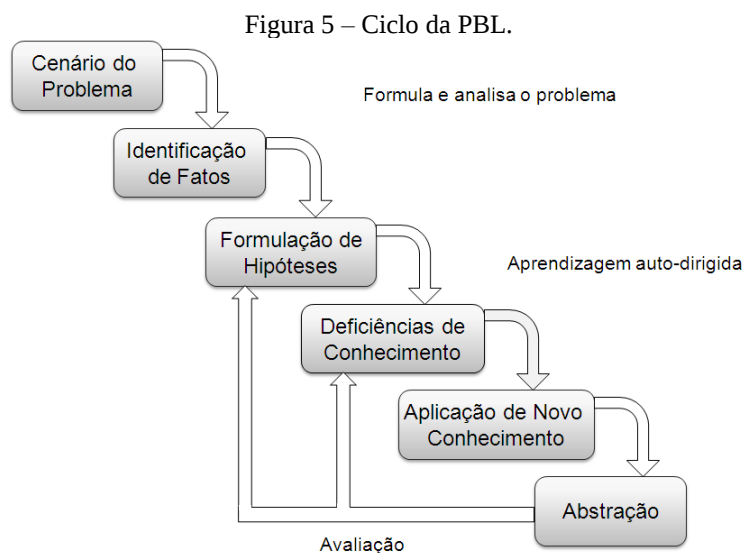
Este trabalho foi aplicado na disciplina de Controle Inteligente ministrada na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) no curso de Engenharia Elétrica. A disciplina tem como requisitos: conhecimentos da teoria de Sistemas de Controle e de Lógica de Programação. As técnicas de inteligência artificial apresentadas na disciplina são: Sistemas Especialistas, Lógica Fuzzy, Redes Neurais e Algoritmo Genético.

A PBL aplicada foi realizada em grupos, utilizando o problema para melhorar o desempenho de um controlador PD+I projetado a partir de um controlador PID tradicional. O objetivo, além do aprendizado do projeto de controlador Fuzzy PD+I, foi o desenvolvimento das habilidades de comunicação, planejamento, integração entre grupos, análise crítica e capacidade de solução de problemas.

Gomide e Gudwin (1994) dividem os parâmetros de um controlador Fuzzy em duas categorias: Fixos e variáveis. Os parâmetros fixos referem à estrutura do sistema Fuzzy (números de variáveis de entrada e/ou saída, variáveis linguísticas, base de regras, entre outras). Já os parâmetros variáveis se referem aos ajustes do sistema (universo de discurso, parâmetros das funções de pertinências, ganhos e offset do sistema).

São vários parâmetros possíveis de ajuste. O trabalho desenvolvido parte do desenvolvimento do controlador Fuzzy, definindo seus parâmetros fixos e variáveis para obter uma saída condizente ao controlador PID tradicional, e após isso realizar ajustes nos parâmetros variáveis para melhorar o desempenho do sistema.

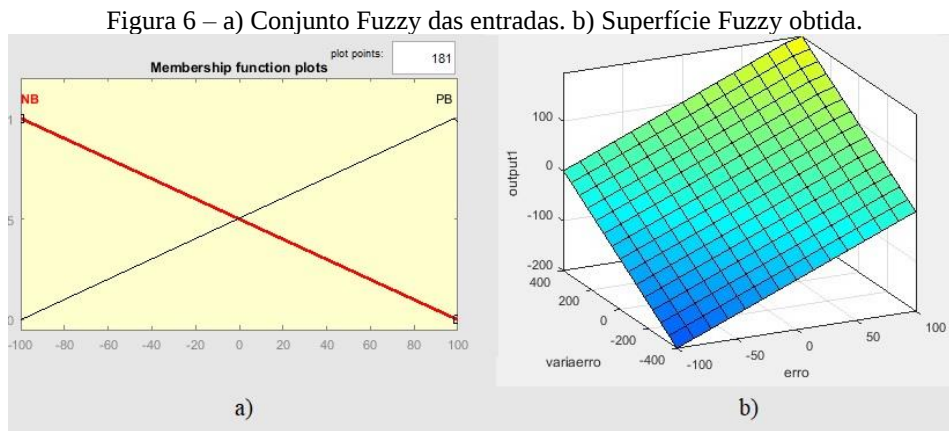
O ciclo da metodologia PBL (FONTES et.al, 2011) aplicada é mostrada na Figura 5. A primeira etapa do ciclo é a identificação do cenário onde a motivação foi de melhorar o desempenho de um sistema térmico, no qual os discentes já tinham trabalhado na disciplina de Sistemas de Controle I. Os discentes já tinham estudado a planta, levantando seus parâmetros bem como projetado um controlador PID tradicional e feito sua sintonia pelo método de Ziegler-Nichols. O desenvolvimento desse controlador é baseado no livro de Jantzen (2007) com algumas adaptações.



Na segunda etapa, Identificação de Fatos, foram organizados grupos de discentes que discutiram os conhecimentos que eram conhecidos, bem como os que não eram. Os discentes já possuíam o conhecimento da planta, do PID tradicional projetado, de suas equações, da Lógica Fuzzy, do número de variáveis de entrada e de saída e não sabiam como implementar o sistema Fuzzy (suas regras, os conjuntos Fuzzy e o universo de discurso) e nem como fazer o controlador Fuzzy.

Para iniciar a terceira etapa, Formulação de Hipóteses, foi questionado aos discentes qual eram as características de um PID tradicional, como seria a sua forma de decisão, a superfície de entradas versus saída. Isso levou vários grupos a pensarem em sistemas lineares. Com isso, os grupos passaram para a quarta etapa, Deficiências de Conhecimento, onde eles tiveram que descobrir como implementar a superfície de forma linear. Alguns grupos pesquisaram na internet para descobrir a resposta enquanto outros grupos fizeram simulações do sistema Fuzzy. Foi orientado a todos os grupos a utilizar o universo de discurso das entradas de $[-100 \ 100]$, considerado como porcentagens e o universo de saída de $[-200 \ 200]$, isto para que o controlador pudesse oferecer um valor maior com o intuito de acelerar a resposta.

A quinta etapa se iniciou com a aplicação desses novos conhecimentos. A Figura 6a mostra as variáveis de entrada (erro e variação do erro) bem como a superfície obtida (Figura 6b). Na saída foram usados três conjuntos Fuzzy: positivo grande (PB=200), zero (ZE=0) e negativo grande (NB=-200).



Fonte: próprio autor.

Com a superfície definida, os grupos passaram a fase de Abstração (sexta etapa) refletindo sobre o que eles tinham conseguido aprender até o momento e discutindo o que ainda faltava para terminar o projeto do controlador PD+I. Terminado este primeiro ciclo, os discentes obtiveram o sistema Fuzzy com suas entradas e saídas definidas, faltava definir os ganhos do controlador Fuzzy.

Para continuar a resolver o problema, as etapas 3, 4, 5 e 6 do ciclo da PBL foram realizadas novamente, onde os discentes tiveram que usar a equação do controlador PID tradicional e comparar com o controlador Fuzzy PD+I da Figura 4. A equação (1) se refere ao controlador PID tradicional e a equação (2) é referente ao controlador Fuzzy PD+1 para a superfície linear, a qual pode ser obtida através da Figura 4.

$$u(n) = Kp \left[e(n) + \frac{1}{T_i} \sum_{j=1}^n e(j).T_s + T_d \left(\frac{e(n) - e(n-1)}{T_s} \right) \right] \quad (1)$$

$$U(n) \cong \left[GE \cdot e(n) + GIE \cdot \sum_{j=1}^n e(j).T_s + GCE \cdot \left(\frac{e(n) - e(n-1)}{T_s} \right) \right] \quad (2)$$

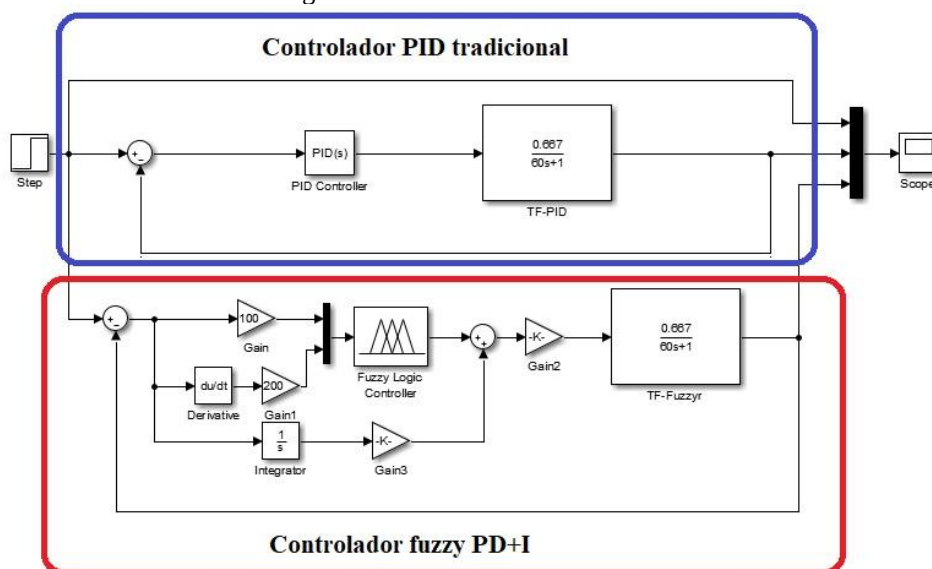
Rearranjando a equação (2) e comparando com a equação (1), foram obtidas as seguintes relações, ilustradas na equação (3):

$$Kp = GU \cdot GE \quad T_d = \frac{GCE}{GE} \quad \frac{1}{T_i} = \frac{GIE}{GE} \quad (3)$$

Os discentes simularam e ajustaram a planta com uma entrada degrau unitário, obtendo os valores de K_p , T_d e T_i . Através desses três valores de variáveis, tiveram que obter as quatro incógnitas (GU, GE, GCE e GIE). Só foi orientado para eles pensarem na variável erro, isto é, qual o seu universo de discurso e a entrada utilizada. Com isso, facilmente, eles assumiram $GE = 100$ e obtiveram os outros valores.

A Figura 7 mostra o controlador PID tradicional dentro do bloco azul e o controlador Fuzzy PD+I dentro do bloco vermelho. A Figura 7, também, mostra a planta usada para estudos.

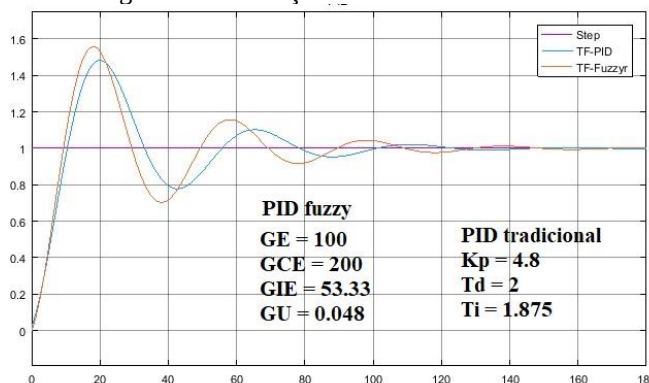
Figura 7 – Controladores estudados.



Fonte: próprio autor.

Os dois controladores têm resposta bem próximas como pode ser notado pela Figura 8. O controlador PID tradicional (na cor azul) tem menor sobressinal e um tempo de resposta um pouco mais rápido, em torno de 120 segundos, do que o controlador Fuzzy PD+I (na cor vermelho).

Figura 8 – Simulação dos dois controladores.

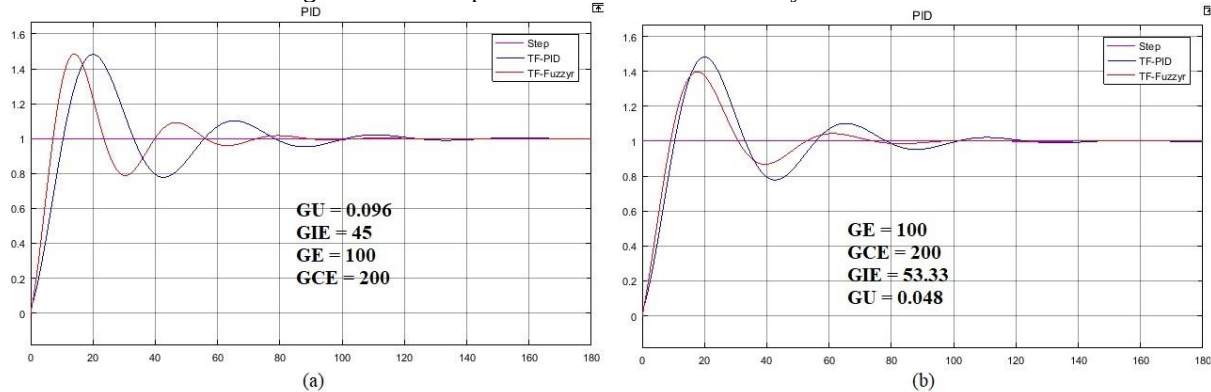


Fonte: próprio autor.

Para melhorar o desempenho do controlador Fuzzy PD+I, os discentes tiveram que passar novamente pelas etapas 3, 4, 5 e 6 do ciclo da PBL. Nesse novo ciclo, os discentes tiveram liberdade para alterar o sistema para tentar obter um melhor desempenho. Também, foi solicitado o raciocínio que eles usaram para fazer os ajustes divulgando para toda a classe. A Figura 9 mostra resultados de dois grupos. Na Figura 9a), o grupo

concluiu que deveriam aumentar o ganho da saída do sistema (GU) para acelerar o processo e diminuir o ganho do integrador (GIE) uma vez que o aumento na saída do sistema ao mesmo tempo que acelerava o sistema ocasionava um maior sobressinal. O grupo da Figura 9b optou por aumentar o universo do discurso do raciocínio Fuzzy usando PG como 400, ZE como 0 e NG como -400. Os dois sistemas melhoraram o desempenho do sistema comparado ao controlador PID tradicional.

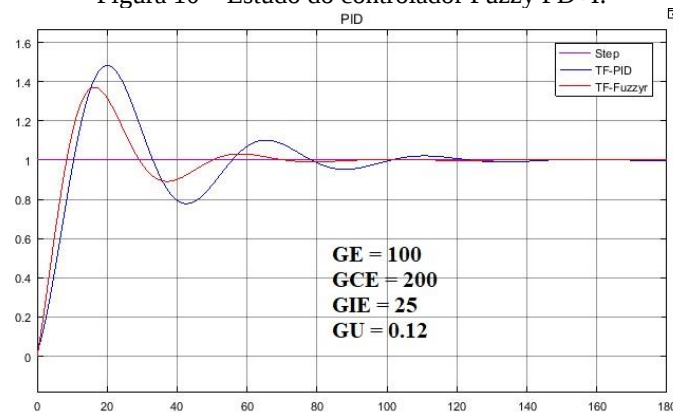
Figura 9 – Desempenho dos controladores Fuzzy PD+I.



Fonte: próprio autor.

Outra conclusão baseada nas informações dos dois grupos foi que a diferença entre as duas alterações aconteceu porque no primeiro caso (Figura 9a) aumentando o ganho da saída (GU) estava-se automaticamente aumentando o ganho do integrador ocasionando um maior sobressinal. No segundo caso (Figura 9b) o aumento foi apenas na saída da lógica Fuzzy, não incidindo sobre o ganho do integrador. A Figura 10 mostra estudo de outro grupo, aumentando o ganho de saída (GU) em um fator de 3 e diminuindo em um quarto, aproximadamente, o ganho do integrador (GIE).

Figura 10 – Estudo do controlador Fuzzy PD+I.



Fonte: próprio autor.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da aprendizagem baseada em problemas (PBL) com o projeto de um controlador Fuzzy PD+I permitiu aos discentes obterem, de uma forma clara e consistente, uma metodologia para o projeto desse controlador.

Foi objetivo da aula o de solidificar os conteúdos aprendidos nas aulas expositivas das disciplinas anteriores, levando os discentes a observarem, questionarem e analisarem os resultados obtidos com os teóricos. Nesse ponto foi muito proveitoso, pois os discentes tiveram oportunidade para errarem e acertarem por causa de suas decisões tornando o aprendizado mais sólido.

No problema utilizado, os discentes tiveram que ter habilidade de capacidade de pesquisa para obter a superfície linear da lógica Fuzzy. Alguns grupos pesquisaram métodos de ajustes do controlador Fuzzy PD+I. Os discentes tinham acesso à internet e ficaram livres para pesquisar o que desejassem.

Outro resultado do PBL foi a interação entre os discentes e a interação com o professor, que levou a vários questionamentos e trocas de informações. Isso foi muito positivo, especialmente a interação entre os discentes no próprio grupo e a interação entre os grupos. Isso incentivou a habilidade de comunicação oral, a análise e discussão sobre o problema. Mais importante ainda, foi que os discentes tiveram respeito às opiniões de outros.

Pela Pirâmide de Aprendizagem (LEITE, 2018) o aproveitamento do aprendizado é cerca de 70% quando há discussão em grupo e cerca de 90% quando estão praticando ou ensinando. Como o aprendizado na metodologia PBL se dá com os discentes trocando informações, discutindo e ensinando, isso tudo motivou os discentes deixando-os mais livres para explorarem e utilizarem o conhecimento no projeto do controlador aumentando sua análise crítica e capacidade de solução de problemas.

Os resultados obtidos foram positivos, nos quais os discentes reforçaram seus conhecimentos técnicos sobre lógica e controladores Fuzzy, aprenderam a projetar um controlador Fuzzy PD+I, além de confirmarem e observarem a importância dos ajustes adequados dentro do sistema. Dessa forma a proposta da solução e a observação de sua aplicação incentivaram os discentes tornando o aprendizado mais agradável e sólido.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, E. F.; MOURA, D. G. de. Metodologias ativas de aprendizagem na Educação Profissional e Tecnológica. **Boletim Técnico do Senac**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 2, p. 48-67, 2013.

DEWEY, J. **Vida e educação**. São Paulo: Nacional, 1950.

FENG, G. A. Survey on Analysis and Design of Model-Based Fuzzy Control Systems. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, v. 14, n. 5, p. 676-697, 2006.

FONTES, L. M. O.; MENDES NETO, F. M.; PONTES, A. A. A. Um Sistema Multiagente de Apoio à Aprendizagem Baseada em Problemas. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, Passos Fundos, v. 3, n. 2, p. 103-117, 2011.

GOMIDE, F. A. C.; GUDWIN, R. R. Modelagem, Controle, Sistemas e Lógica Fuzzy, **SBA Controle & Automação**, v. 4, n. 3, p. 97-115, 1994.

HADGRAFT, R. G.; PRPIC, J. K. The key dimensions of problem-based learning. *In: ANNUAL CONFERENCE AND CONVENTION OF THE AUSTRALIA AN ASSOCIATION FOR ENGINEERING EDUCATION.*, 11, 1999, Adelaide. **Anais [...]**. Adelaide, Australia, 1999.

JANTZEN, J. **Foundations of Fuzzy Control**. England: John Wiley & Sons Ltd, 2007.

LEITE, B. S. Aprendizagem Tecnológica Ativa. **Revista Internacional de Educação Superior**, v. 4, n. 3, p. 580-608, set/dez, 2018.

MASTERS, K. Edgar Dale's Pyramid of Learning in medical education: A literature review. **Medical teacher**, Sultanato de Omã, v. 35, n. 11, p. e1584-e1593, 2013.

MUNHOZ, A. S. **ABP: Aprendizagem Baseada em Problemas**. Cengage Learning, São Paulo, 2016.

PIMENTEL, F. **Metodologias Ativas**. Educação Online. Disponível em: <http://fernandospimentel.blogspot.com.br/2010/08/metodologias-ativas.html>. Acesso em: 10 jan. 2019.

PINTO, D. P.; GOMES, F. J.; FARAGE, M. C. R.; BASTOS, F. S. Eficiência Energética nas Escolas: Gerenciamentos Grupos Multidisciplinares usando PjBL. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO EM EDUCAÇÃO.*, 40, 2012, Belém. **Anais [...]**. Belém, 2012.

SOARES, M. A. *et al.* Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) ou Problem-Based Learning (PBL): podemos contar com essa alternativa? *In: LEAL, E. A.; MIRANDA, G. J.; CASA NOVA, S. P. de C. (org.). Revolucionando a Sala de Aula*. São Paulo: Editora Atlas, 2017. p.105-124.

ZADEH, L. A. Fuzzy Sets. **Information and Control**, v. 8, p. 338-353, 1965.

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS (PjBL) ATRAVÉS DA COMPETIÇÃO DE ROBÔS³

Celso Aparecido de França
Helder Vinícius Avanço Galeti
Robson Barcellos
Flávio Yukio Watanabe
Edilson Reis Rodrigues Kato

A alta carga horária de disciplinas teóricas no primeiro ano dos cursos de engenharias geralmente desmotiva os alunos, o que pode provocar um aumento na evasão do curso. Além disso, as empresas têm dado ênfase no trabalho em equipe, na colaboração entre os membros da equipe. Várias metodologias ativas têm sido propostas para atualizar os cursos de engenharia para trabalhar com os alunos desse novo século. Uma dessas metodologias ativas é a Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL), onde através de um projeto são desenvolvidas várias habilidades: técnicas, de pesquisa, de trabalhar em grupo, de comunicação, liderança, entre outras. O objetivo desse trabalho foi desenvolver essas habilidades através do projeto de um robô seguidor de linha para alunos ingressantes no curso de engenharia elétrica. A metodologia foi dividida em três etapas: Preparação, Intragrupo e Intergrupar. A etapa de preparação se caracteriza pelas informações fornecidas pelo professor, a etapa intragrupo acontece dentro de cada grupo desenvolvendo seu projeto e a etapa intergrupar ocorre na interação entre os grupos durante a competição. Os resultados colhidos foram animadores sendo que 96% dos alunos consideraram a atividade interessante; 81% dos alunos comentaram que aprenderam a fazer soldas e todos os alunos reportaram que entenderam o funcionamento do robô. Todos alunos se interessaram pela competição, e no geral, aprenderam a administrar os problemas internos no grupo.

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a educação nos tempos atuais é um tema amplamente discutido entre vários educadores. Segundo Costa et al. (2010), hoje o enfoque está no estudante que deve desenvolver além dos conhecimentos técnicos básicos de sua área de especialidade, outras habilidades e competências como trabalho em grupo, liderança, comunicação, iniciativa, autodidatismo, adaptabilidade, efetividade, profissionalismo, capacidade de gerenciamento e habilidades cognitivas.

Para Carvalho et al. (2014) as empresas, hoje, possuem uma estrutura organizacional inovadora que dão mais ênfase ao trabalho em equipes e às atividades colaborativas entre os membros, exigindo equipes onde seus membros sejam autônomos e responsáveis por seus atos tomando e executando decisões independentes de seus supervisores. Essa

³ FRANÇA, C. A. *et al.* O. Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL) Através da Competição de Robôs. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA., 47, 2019, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: COBENGE, 2019. (Artigo publicado originalmente nos anais).

situação solicita mudanças significativas nos perfis profissionais necessário à participação e gestão dessas empresas (CARVALHO *et al.*, 2014).

Monteiro (2012), afirma que os educadores estão preocupados com a eficiência dos métodos tradicionais, pois, constata que os alunos são agentes passivos do processo de ensino-aprendizagem e a retenção de conhecimento é baixa (MONTEIRO *et al.*, 2012).

Outra preocupação que ocorre sobre o aprendizado é de os alunos sentirem desmotivados no início dos cursos por causa da alta carga horária de disciplinas teóricas, ocasionando até um aumento na evasão do curso. Furtado *et al.* (2018) comenta que a evasão de alunos nos cursos de ciências exatas e engenharia ocorre em diversos países do mundo e que este fato pode estar relacionado às metodologias de ensino e de o ambiente nas matérias iniciais dos cursos serem vistos como ineficientes e desmotivadoras pelos estudantes.

Estas preocupações foram evidenciadas no processo de revisão das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) do Curso de Graduação em Engenharia, aprovadas recentemente pelo Ministério da Educação - MEC (BRASIL, 2019). Estas diretrizes apontam para a necessidade de se evidenciar a descrição e a avaliação das competências desenvolvidas nas diferentes atividades de ensino-aprendizagem do curso, incluindo aquelas que promovam a integração de conhecimentos e a interdisciplinaridade, o desenvolvimento de trabalhos orientados individuais ou em grupo, articulando simultaneamente a teoria, a prática e o contexto de aplicação.

Adicionalmente, a exemplo do que vem sendo incorporado nas DCNs de outros cursos, as DCNs de Engenharia estabelecem que deve ser estimulado o uso de metodologias para aprendizagem ativa, como forma de promover uma educação mais centrada no aluno e, para tanto, é indicado que os cursos de graduação em Engenharia mantenham permanente Programa de Formação e Desenvolvimento do seu corpo docente, com vistas à valorização da atividade de ensino, ao maior envolvimento dos professores com o Projeto Pedagógico do Curso, por meio de seu domínio conceitual e pedagógico.

As metodologias ativas têm sido estudadas como uma forma motivadora de passar a informação, transformando os alunos em agentes ativos no processo de aprendizagem. Com métodos ativos, os alunos assimilam maior volume de conteúdo, retêm a informação por mais tempo e aproveitam as aulas com mais satisfação e prazer (SILBERMAN, 1996). Dentre as técnicas de metodologias ativas, a Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL) vem sendo amplamente adotada e estudada.

De acordo com Jones (1987 apud NOBRE *et al.*, 2006) projetos são tarefas complexas que se baseiam em questões ou problemas desafiadores, e envolvem o estudante no entendimento do problema e sua resolução, na tomada de decisão ou atividades investigativas, dando-lhe a oportunidade de trabalhar autonomamente em períodos de tempo prolongados, e culmina em apresentações ou produtos realísticos.

O início da Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL) moderna, datam do início de 1900, com John Dewey sustentando o “aprender fazendo”, esse princípio também faz parte do construtivismo (GRANT, 2002).

O objetivo do PjBL é desenvolver e melhorar habilidades técnicas e não técnicas e oferecer uma prática real de engenharia para os discentes. (NOORDIN *et al.*, 2011). Os projetos desenvolvidos sob a metodologia de PjBL podem ser classificados em três categorias (BARBOSA; MOURA, 2013):

- Projeto construtivo: tem em vista construir algo novo, introduzindo alguma inovação, propor uma solução nova para um problema ou situação. Possui a dimensão da inventividade, seja na função, na forma ou no processo.

- Projeto investigativo: destina-se ao desenvolvimento de pesquisa sobre uma questão ou situação, mediante o emprego do método científico.
- Projeto didático (ou explicativo): procura responder questões do tipo: “Como funciona? Para que serve? Como foi construído?” Busca explicar, ilustrar, revelar os princípios científicos de funcionamento de objetos, mecanismos, sistemas etc. (BARBOSA; MOURA, 2013, p.63)

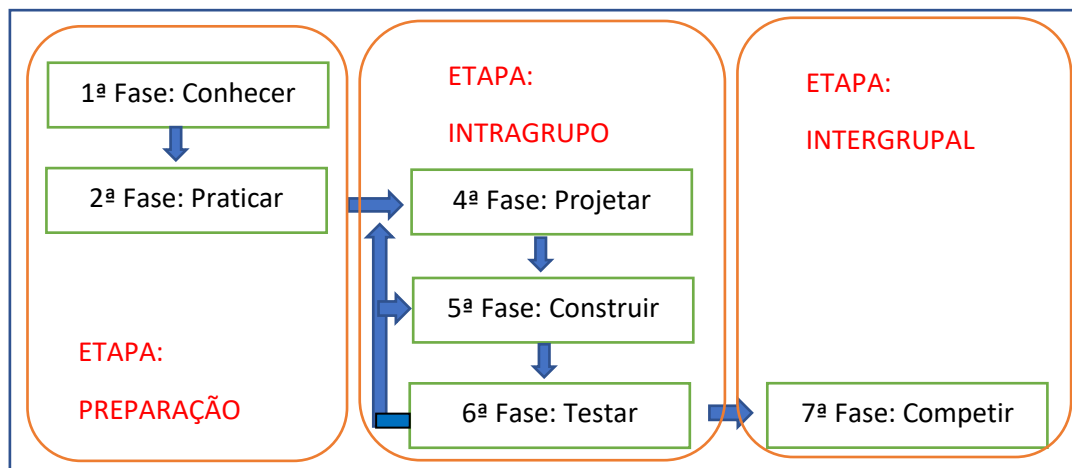
O objetivo deste trabalho foi utilizar a metodologia PjBL realizando um projeto didático de um robô seguidor de linha, para motivar os alunos ingressantes no curso de engenharia elétrica. Além disso, outros objetivos desejados são: desenvolver a habilidade de trabalhar em grupo (cooperação, administração de problemas), aprimorar habilidade de comunicação, trabalhar a habilidade manual de montagem de circuitos e habilidade técnica.

O presente artigo está dividido em quatro partes, na segunda parte é mostrada a metodologia PjBL aplicada. A terceira parte apresenta os resultados obtidos. Na última parte, quarta parte, são apresentadas as conclusões finais.

2 METODOLOGIA

A Figura 1 apresenta o diagrama em blocos da metodologia PjBL aplicada para a realização do projeto do robô seguidor de linha. O método, na disciplina, foi dividido em três etapas: preparação, intragrupo e intergrupar,

Figura 1 – Diagrama de bloco da metodologia aplicada.



Fonte: próprio autor.

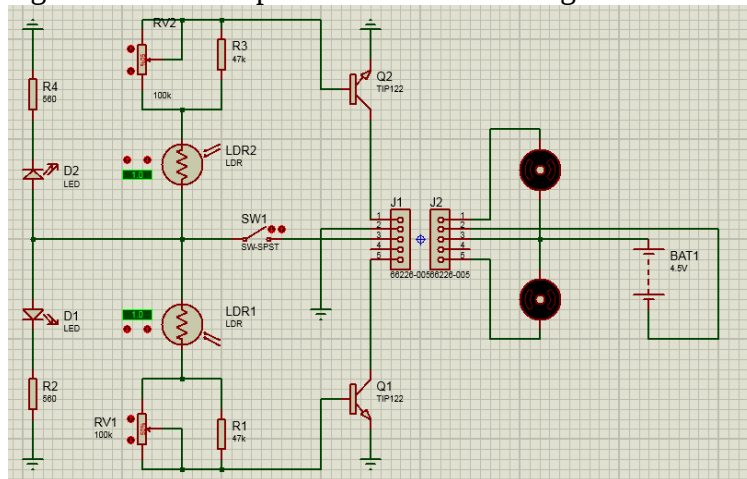
Na etapa de preparação são passados os conceitos básicos necessários para os alunos conhecerem os componentes e manipularem os equipamentos. Lembrando que os alunos são ingressantes, portanto, esses conceitos devem ser expostos da maneira mais clara possível, evitando apresentar deduções de fórmulas matemáticas, o que não é o objetivo da disciplina. Na primeira fase dessa etapa (Conhecer) são ministradas aulas teóricas sobre alguns componentes, entre os quais o que eles utilizaram no robô (resistores, capacitores, diodos, leds, transistores, ldr, motores, entre outros). A segunda fase dessa etapa (Praticar) é realizada nos laboratórios, onde as práticas são direcionadas a levantar os parâmetros dos componentes, além de serem montados alguns circuitos práticos relacionado a algum problema mais simples. Um exemplo desses problemas simples é a

automação da porta de entrada de um estacionamento usando os circuitos digitais, onde os alunos podem praticar as teorias dos circuitos digitais, além de usarem foto-diodo, foto-transistor, motor dc e resistores para solucionar o problema. Esses problemas simples no laboratório servem para propor aos alunos uma situação real na qual eles possam analisar e resolver, justamente para motivar os alunos e não só ficar levantando parâmetros dos componentes. Outro exemplo de prática mais ligada à competição de robôs é a do LDR, onde os alunos estudam e levantam seus parâmetros e resolvem um problema de controle de velocidade de um motor dc. A etapa de preparação se caracteriza por ser mais orientada pelos professores nas aulas teóricas e práticas.

A característica principal da segunda etapa (Intragrupo) é de ser planejada dentro de cada grupo, ficando a cargo dos alunos a construção e utilização dos conhecimentos. Essa etapa tem como objetivo o desenvolvimento de várias habilidades, tais como, a habilidade de trabalhar em grupo, onde os alunos têm que cooperarem uns com os outros, administrarem problemas técnicos e de ordem pessoal; habilidade de comunicação, pois os alunos terão que trocar informações e argumentar sobre suas escolhas; habilidade manual de montagem dos circuitos, de soldas de componentes e habilidade de raciocínio, análise e solução para trabalharem as informações teóricas para alcançar seus objetivos.

Essa segunda etapa possui três fases: Projetar, Construir e Testar. Na quarta fase (Projetar) é explicado o projeto, no caso, os alunos deveriam fazer um robô seguidor de linha usando circuitos analógicos. Foi passado também nessa fase, as regras da competição que resumidamente consistia de dar três voltas completas em uma pista no menor tempo possível. Outras regras foram criadas penalizando o robô caso ele saísse da pista ou extrapolasse um tempo limite. De conhecimento do projeto e das regras, os alunos passaram a projetar seus robôs. O circuito elétrico do robô foi baseado na prática de laboratório de LDR, no qual os alunos tinham que controlar a velocidade de um motor dc através da luz incidente no LDR. Os alunos tiveram a liberdade para utilizar o circuito da prática do LDR bem como pesquisar e utilizar outros circuitos. A Figura 2 mostra o circuito para controlar o robô utilizando o LDR.

Figura 2 – Circuito para controlar o robô seguidor de linha.



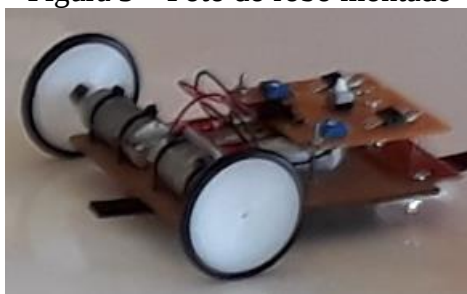
Fonte: próprio autor.

Depois de definido o circuito do projeto ocorreu a 5ª fase (Construir). Os técnicos dos laboratórios confeccionaram as placas de circuito impresso e os próprios alunos trabalharam na soldagem dos componentes. Aqui houve uma grande motivação dos alunos, pois a maioria nunca tinha trabalhado com solda de componentes eletrônicos ou placa de circuito impresso. Eles analisaram e notaram que o circuito na placa era

espelhado, além disso, os alunos tiveram a oportunidade de aprender a detectar soldas frias e mal contatos.

Depois de montado o robô, a 6ª e última fase da etapa Intragrupo foi testar o robô. Nesta fase eles tiveram que resolver alguns problemas, por exemplo: uma roda girando no sentido horário e a outra no sentido anti-horário, ou o robô ficava parado ou o robô não diminuía sua velocidade para fazer as curvas. Nesses casos, o grupo analisava o que estava acontecendo e voltava nas fases de projetar e construir novamente. A Figura 3 apresenta um dos robôs montado.

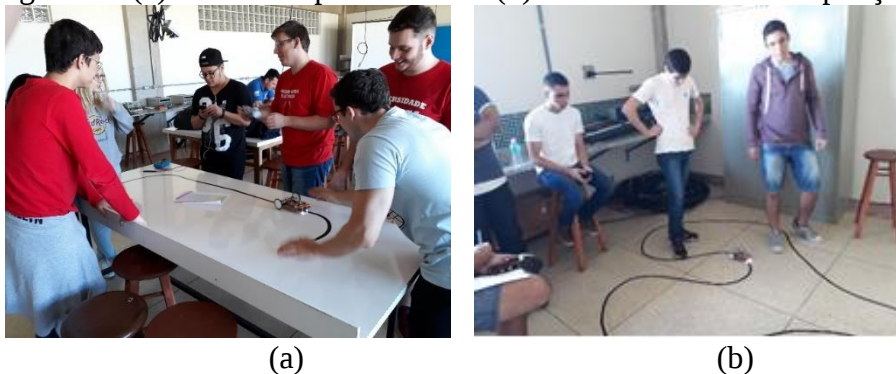
Figura 3 – Foto do robô montado



Fonte: próprio autor.

Finalizada a etapa intragrupo, foi inicializada a última etapa (Intergrupar), na qual ocorreu a competição entre os grupos. Essa 7ª fase (Competir) foi bem motivante, sendo que até os grupos que eram desclassificados formavam torcida para outros grupos. Essa fase foi propícia para desenvolver a ética através de uma competição sadia, para se ter respeito aos companheiros, e em alguns casos, até colaborar com os seus concorrentes. Na Figura 4(a), os alunos estão testando seus robôs na pista de teste e em (b) mostra um dos robôs durante a competição.

Figura 4 – (a) Alunos na pista de teste. (b) Alunos durante a competição.



(a)

(b)

Fonte: próprio autor.

3 RESULTADOS

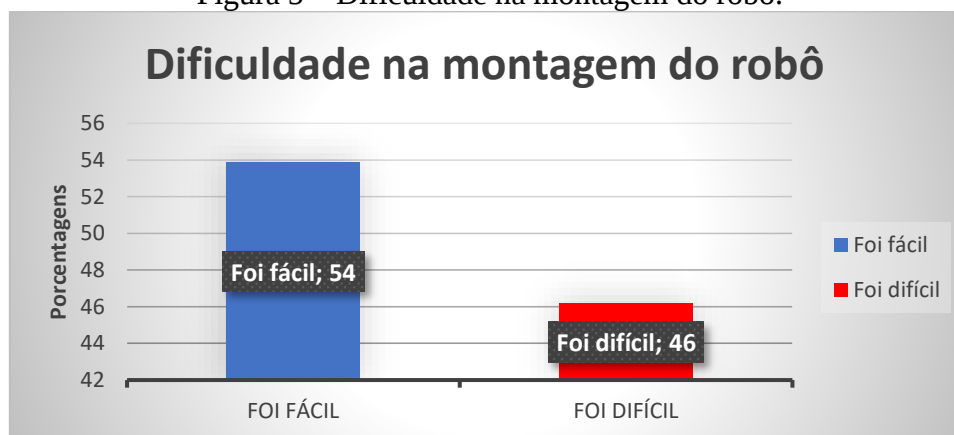
A atividade do robô seguidor de linha foi inserida na disciplina de Iniciação à Engenharia Elétrica no ano de 2017 onde os robôs foram entregues montados para os grupos. No ano de 2017, os alunos tinham apenas que fazer ajustes de velocidades dos motores e ficou claro no questionário de avaliação da disciplina de 2017 que os alunos queriam participar mais do projeto, ou seja, queriam montar os robôs. Já no ano de 2018 os alunos receberam alguns componentes para realizar as montagens, além dos chassis do robô. Os alunos tinham a liberdade para criar seu próprio protótipo caso não quisessem

usar o protótipo padrão, isto é, eles poderiam usar outros chassis e outros circuitos para o acionamento do robô.

A disciplina de Iniciação à Engenharia Elétrica recebe anualmente 60 (sessenta) ingressantes, sendo que esses alunos são divididos em 3 (três) turmas. Cada turma é assistida por um professor diferente e essa divisão da turma foi necessária para melhor atendimento nos laboratórios bem como em salas de aulas.

Para avaliar os resultados obtidos com a aplicação do método PjBL, os alunos responderam a um questionário. Foi questionado sobre a dificuldade na montagem do robô (Figura 5). A maioria dos alunos (54%) acharam que a montagem foi fácil, mesmo assim 46% acharam difícil. Isso se deve ao fato de os alunos serem ingressantes e nessa turma, em especial, apenas 8% dos alunos cursaram cursos técnicos relacionados à Engenharia Elétrica.

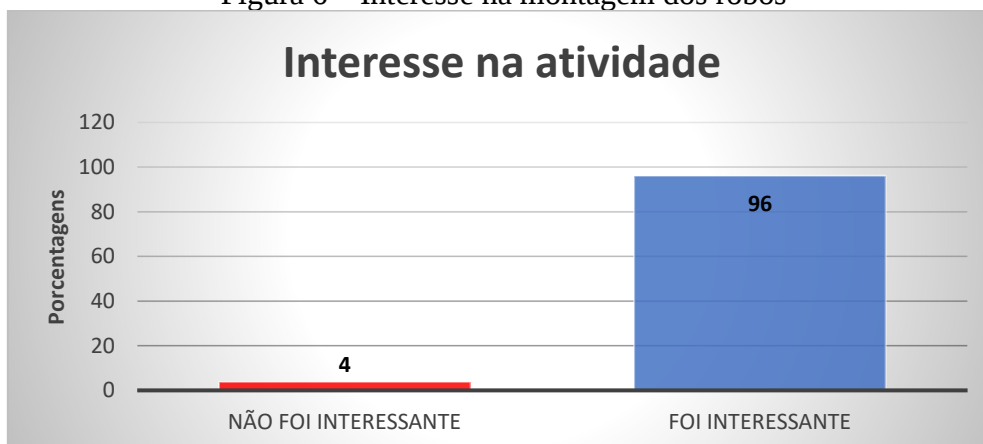
Figura 5 – Dificuldade na montagem do robô.



Fonte: próprio autor.

Foi perguntando se os alunos acharam interessante montar o robô e se eles aprenderam com essa atividade. A maioria dos alunos responderam que acharam que a montagem do robô foi muito interessante (96%) (Figura 6). Os alunos tiveram esse interesse pois conseguiram, através de um projeto de um projeto prático, entender e aplicar a teoria vista em sala de aula.

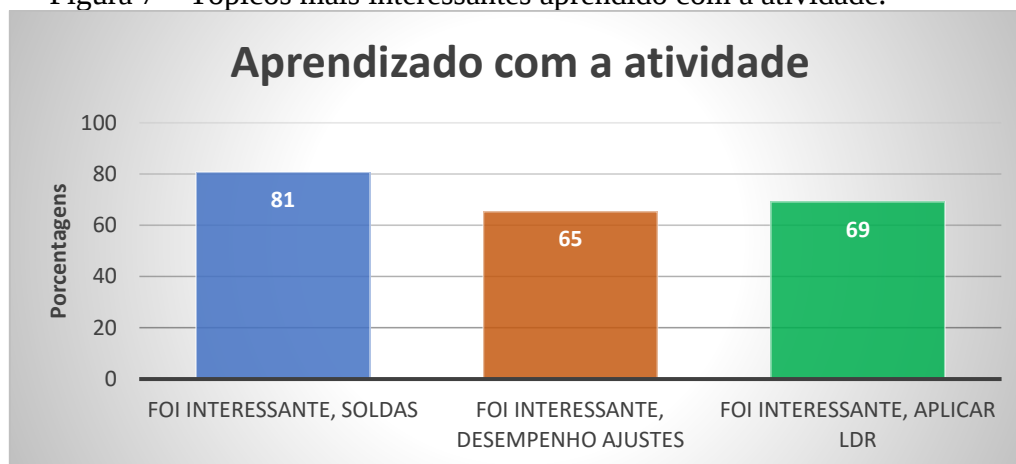
Figura 6 – Interesse na montagem dos robôs



Fonte: próprio autor.

A Figura 7, mostra o que os alunos disseram sobre o que aprenderam com a atividade. A maioria (81%) citou que achou importante o trabalho de soldagem dos componentes. Na sequência foram citados a utilização da prática do LDR em um projeto real (69%) e análise do desempenho dos robôs mediante os ajustes feitos (65%).

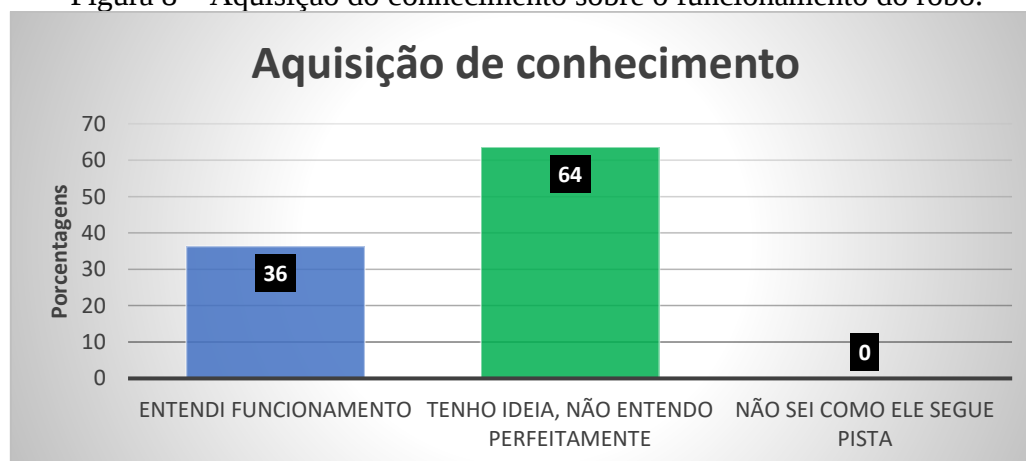
Figura 7 – Tópicos mais interessantes aprendido com a atividade.



Fonte: próprio autor.

A atividade toda não faria sentido se não houve aprendizados e entendimentos sobre a mesma. Com relação ao entendimento do funcionamento do robô, pode-se notar na Figura 8 que 36% entenderam perfeitamente o funcionamento e 64% entenderam parcialmente. Os resultados são bons e os professores já planejam melhorar esses índices, diminuindo os percentuais dos alunos que entenderam parcialmente o funcionamento. O que foi gratificante foi notar que todos tiveram um ganho na aprendizagem.

Figura 8 – Aquisição do conhecimento sobre o funcionamento do robô.



Fonte: próprio autor.

Questionados sobre a competição dos robôs (Figura 9), a maioria dos alunos responderam que acharam interessante a competição e que realmente se esforçaram para ganhar (65%). Os outros 35% acharam interessante e se esforçaram para garantir a nota mínima. Isso se deve porque os alunos tem uma idade média de 18/19 anos e se sentem motivados às competições.

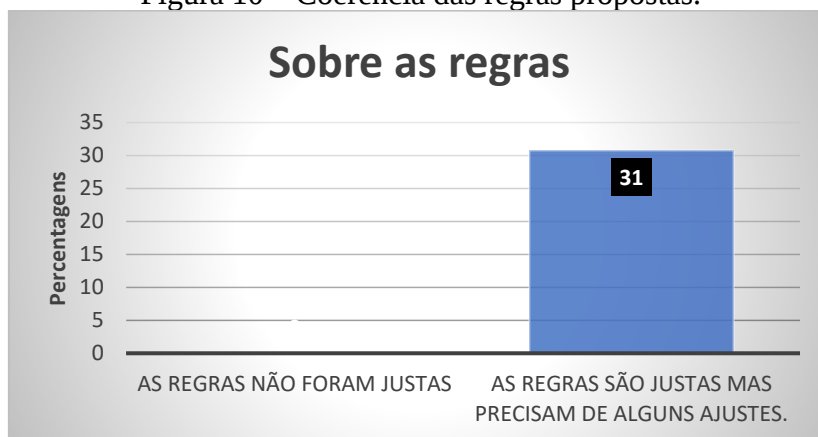
Figura 9 – Competição dos robôs.



Fonte: próprio autor.

Foi indagado sobre o que os alunos acharam sobre as regras. Apenas 31% dos alunos responderam esta questão, achando que as regras foram justas, mas que precisavam de alguns ajustes (Figura 10). Os outros alunos não opinaram sobre as regras. Para os próximos anos, as regras serão discutidas com os alunos para chegar a um consenso comum.

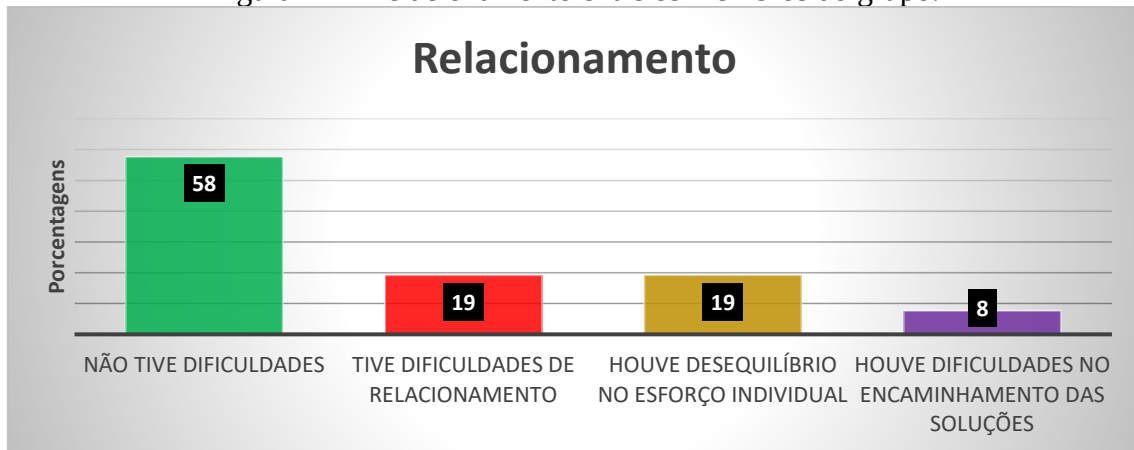
Figura 10 – Coerência das regras propostas.



Fonte: próprio autor.

Um dos objetivos do projeto foi desenvolver a habilidade de trabalhar em grupo. A Figura 11 mostra a opinião dos alunos para esta questão. Mais da metade dos alunos (58%) relataram que não tiveram dificuldades e que conseguiram administrar os problemas que ocorreram. 15% dos alunos relataram que tiveram dificuldades de relacionamento. Outros alunos responderam que tiveram dificuldades no esforço individual dos participantes do grupo (19%) e 8% mencionaram que houve dificuldades no encaminhamento das soluções. As dificuldades de relacionamento são esperadas, uma vez que os alunos são ingressantes e ainda estão se conhecendo. Mesmo assim, apenas 19% desse contingente de alunos tiveram maiores dificuldades de relacionamento. Alguns comentaram que houve desequilíbrio no esforço ou dificuldades nas decisões do grupo, mas que conseguiram administrar esses problemas.

Figura 11 – Relacionamento entre os membros do grupo.



Fonte: próprio autor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto do robô seguidor de linha cumpriu seus objetivos. 96% dos alunos o consideraram motivante, no qual eles puderam colocar em prática vários tópicos aprendidos nas aulas teóricas e nas aulas de laboratório. Um aluno comentou no questionário: “Foi interessante, pois realizamos a atividade, em grande parte, sozinhos, utilizando tudo que aprendemos”.

Os alunos afirmaram que entenderam o funcionamento do robô, ou totalmente (36%), ou com algumas poucas dúvidas (64%). Estes dados indicam que o projeto ajudou os alunos no entendimento da parte teórica oferecida na disciplina, pois durante o projeto os alunos puderam exercitar e confirmar a teoria.

Além de realizar um projeto prático, baseado nas aulas dadas, outro objetivo foi desenvolver a habilidade de trabalhar em grupo, cooperar e administrar problemas. Nesse ponto 58% dos alunos relataram que não existiram problemas. Os outros tiveram problemas, sendo que a porcentagem dos que tiveram realmente problemas de relacionamento foi de 19%. Mesmo assim, todos os grupos conseguiram apresentar um robô para a competição. Alguns alunos (12%) citaram o trabalho em grupo como o item mais importante da atividade, ressaltando no questionário a “união da turma”, “trabalho em conjunto”, “participação de todos”, entre outros comentários.

A habilidade mecânica de montagem dos circuitos e soldagem dos componentes foi outro item bem avaliado pelos alunos (81% para soldagem). A capacidade de analisar o sistema construído e de realizar os ajustes foi outra habilidade desenvolvida no projeto. Em síntese, a montagem do robô e a competição ajudaram a motivar os alunos desenvolvendo várias habilidades, segundo comentário de um aluno: “Foi interessante a possibilidade de observar múltiplas eficiências em um mesmo tipo de projeto”.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, E.F.; MOURA, D.G. Metodologias ativas de aprendizagem na educação profissional e tecnológica. **Boletim Técnico Senac**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 2, p. 48-67, 2013.

BRASIL. Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. **Diário Oficial da União**, Ministério da Educação/Conselho de Educação/Câmara de Educação Superior. Brasília, DF, 26 abr. de 2019. Ed. 80. Seção 1, p. 43. Disponível em: <http://www.in.gov.br/web/dou/-/resolu%C3%87%C3%83o-n%C2%BA-2-de-24-de-abril-de-2019-85344528>. Acesso em: 29 abr. 2019.

CARVALHO, D. A.; ALMEIDA, M. T.; NEVES JUNIOR, S. B.; SANTOS E SILVA, S. A. A.; CYRILLO, Y. M.; GOMES, F. J. A estratégia PjBL no século XXI: utilização das ferramentas digitais. **Revista Eletrônica Engenharia Viva**, Goiás, v. 1, n. 1, p. 75–89, 2014. <https://www.revistas.ufg.br/ijaeedu/article/view/27064/16577> Acesso em 29/01/2019.

COSTA, A. L. M.; RIFFEL, D. B.; BEZERRA, E. C. Um currículo de engenharia para o século. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA., 38, 2010, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza, 2010.

FURTADO, A. E.; NASCIMENTO, D. F. L.; SILVA, J. W. J. Aprendizagem baseada em problemas (PBL) aplicada simultaneamente para estudantes de engenharia de 3º e 7º períodos como ferramenta motivacional. **Revista Práxis**, Volta Redonda, v. 10, n. 19, p. 33-43, 2018.

GRANT, M. M. Getting a grip on project-based learning: Theory, Cases and Recommendations. **Meridian: A middle school computer technologies journal**, Carolina do Norte, v. 5, n. 1, p. 1-17, 2002.

MONTEIRO, S. B. S.; SOUSA, J. C. F.; ZINDEL, M. L.; SANTOS, F. H. S.; VILHENA, M. A.; KLING, M. A. B.; OLIVEIRA, E. C. Metodologias e práticas de ensino aplicadas ao curso de engenharia de produção: análise da percepção de alunos de projetos de sistemas de produção da universidade de Brasília. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA., 40, 2012, Belém. **Anais [...]**. Belém, 2012.

NOBRE, J. C. S.; LOUBACH, D. S.; CUNHA, A. M.; DIAS, L. A. V. Aprendizagem Baseada em Projeto (Project-Based Learning – PBL) aplicada a software embarcado e de tempo real. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO., 17, 2006, Brasília. **Anais [...]**. Brasília, 2006.

NOORDIN, M. K.; Nasir, A. N.; ALI, D. F.; NOORDIN, M. S. Problem-Based Learning (PBL) and Project-Based Learning (PjBL) in engineering education: a comparison. **Proceedings of the IETEC'11**, Kuala Lumpur, Malasia, v. 11, p. 1-14, 2011.

SILBERMAN, M. **Active learning: 101 strategies do teach any subject**. Massachusetts: Ed. Allyn and Bacon, 1996.

APRENDIZAGEM COLABORATIVA NA DISCIPLINA DE ELETRÔNICA DE POTÊNCIA⁴

Celso Aparecido de França
Claudionor Francisco do Nascimento
Edilson Reis Rodrigues Kato
Carlos Alberto De Francisco

No mundo atual é desejável que os profissionais tenham competência para trabalhar em ambiente colaborativo se ajudando mutuamente para atingir determinado objetivo. A Aprendizagem Colaborativa foi proposta justamente para trazer para o ambiente escolar essa competência do mundo profissional. Na Aprendizagem Colaborativa os alunos trabalham em grupo em uma dada tarefa. O trabalho em grupo envolve várias habilidades, entre elas: de comunicação, liderança, administração de problemas e análise de problemas e projetos. Este artigo mostra a implementação da Aprendizagem Colaborativa na disciplina de Eletrônica de Potência do curso de Engenharia Elétrica da UFSCar. Os alunos foram incentivados a elaborar projetos para aulas práticas da disciplina. O objetivo foi de motivar os alunos a trabalhar em grupo para desenvolver várias habilidades (comunicação, liderança, de criatividade, administração de problemas, entre outras). Os resultados obtidos foram animadores, sendo que 80% dos alunos aprovaram a iniciativa do professor e todos os alunos se motivaram a buscar informações complementares às obtidas durante as aulas teóricas.

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que a era atual exige que os profissionais possuam competência para trabalhar e aprender em ambientes colaborativos, além das habilidades metacognitivas (VIEIRA et al, 2003). Ainda, segundo Vieira et al (2003), o aluno deve ser conduzido à pesquisa, à análise e à crítica dos saberes, ser estimulado a encontrar respostas ainda não encontradas e a trabalhar não só individualmente, mas em equipe.

Carvalho *et al* (2014) comentam que, atualmente, a maioria das empresas são inovadoras na sua organização exigindo trabalhos em equipes com atividades colaborativas entre os membros (CARVALHO *et al*, 2014). Para Costa *et al* (2010), além dos conhecimentos técnicos necessários de cada área de especialidade, é importante o desenvolvimento de outras habilidades e competências de alunos e profissionais como, por exemplo, trabalho em grupo, liderança, comunicação, iniciativa, autodidatismo, adaptabilidade, efetividade, profissionalismo, capacidade de gerenciamento e habilidades cognitivas.

A aprendizagem cooperativa e a aprendizagem colaborativa têm sido propostas com o objetivo de motivar os alunos na busca desses saberes. Para Costa (2006, apud

⁴ FRANÇA, C. A. *et al*. O. Aprendizagem Colaborativa na Disciplina de Eletrônica de Potência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA., 47, 2019, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: COBENGE, 2019. (Artigo publicado originalmente nos anais).

FERNADES; LUSTOSA, 2012) na cooperação há ajuda mútua na execução de tarefas, embora suas finalidades geralmente não sejam fruto de negociação conjunta do grupo, podendo a partir daí existir relações desiguais e hierárquicas entre os seus membros. Por outro lado, segundo Costa (2006 apud FERNADES; LUSTOSA, 2012), na colaboração ao trabalharem juntos, os membros de cada grupo se apoiam para atingir objetivos comuns, negociados pelo coletivo, estabelecendo relações que tendem a não hierarquização, liderança compartilhada, confiança mútua e corresponsabilidade pela condução das ações.

Torres e Irala (2014) fazem a distinção entre colaboração e cooperação, sendo que na colaboração, o processo é mais aberto e os participantes do grupo interagem para atingir um objetivo comum. Já na cooperação o processo é mais centrado no professor e orquestrado diretamente por ele. Ainda de acordo com Torres e Irala (2014), educadores utilizaram-se e têm se utilizado da filosofia da aprendizagem colaborativa, cooperativa e de trabalho em grupos desde o século XVIII, acreditando em seu potencial de preparar seus alunos para enfrentar a realidade profissional.

Behrens (2015) define a aprendizagem colaborativa como parte da ideia de que o conhecimento é resultante de um consenso entre membros de uma comunidade de conhecimento, algo que as pessoas constroem dialogando, trabalhando juntas direta ou indiretamente e chegando a um acordo.

Johnson, Johnson e Holubec (1990) definiram as seguintes condições para que um trabalho cooperativo fosse funcional e produtivo: Interdependência positiva, responsabilidade individual, interação face-a-face, habilidades interpessoais e processamento grupal. Para os autores, Interdependência positiva, é o sentimento do trabalho em conjunto para obter um determinado fim comum, no qual cada membro do grupo se preocupa com a aprendizagem do outro. A responsabilidade individual é cada membro do grupo ser responsável pela sua própria aprendizagem e pela dos colegas e com isso contribuir para o grupo. Interação face-a-face é a interação entre os membros do grupo para estimular e cooperar com o objetivo de alcançar um determinado fim. Habilidades interpessoais, são as habilidades de comunicação, liderança, decisão e administração de conflitos. Processamento grupal, são as análises do funcionamento do grupo e das evoluções nas suas aprendizagens.

Pode-se observar que o termo aprendizagem colaborativa e o termo aprendizagem cooperativa se confundem entre os autores. Vários autores tratam a aprendizagem colaborativa e cooperativa adaptando ao contexto de ensino que possuem, permitindo que as definições de Costa (2006 apud FERNADES; LUSTOSA, 2012), Torres e Irala (2014), Behrens (2015) e Johnson, Johnson e Holubec (1990) se interlacem na busca dos mesmos objetivos de aprendizado em comum. Por exemplo, Moran *et al.* (2000) apresentam uma metodologia que possui 10 fases para a aprendizagem colaborativa destacando que essas fases não são estanques cabendo ao professor propor seu próprio projeto, o modelo de aprendizagem construtivista proposto por Souza (2000) e apresentado no trabalho de Niezke *et al* (2002) mostra uma metodologia dividida em seis fases, as quais envolvem ou não as estruturas organizacionais, Montes (2016) trata na vertente do aprendizado virtual em grupo, explorando os meios disponíveis em rede, Cohen e Lotan (2017) destacam as organizações em grupos e como organizar esses ambientes colaborativos, aplicado em alguns casos estruturas hierárquicas centralizadas e em outros não, Monereo e Gisbert (2005) apresentam vários métodos de aprendizagem cooperativa tentando explorar as habilidades e competências do trabalho em grupo, entre outros.

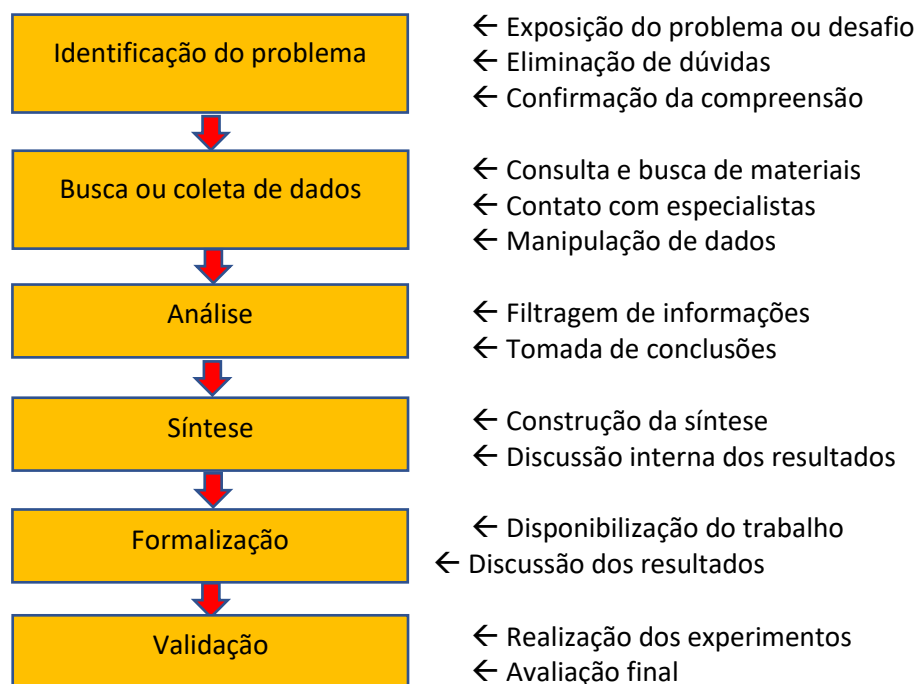
O presente artigo demonstra a aplicação da aprendizagem colaborativa na aula da disciplina Eletrônica de Potência da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Foi

debatido e proposto, entre professor e alunos, o desenvolvimento de uma prática criada pelos próprios alunos. A proposta foi aceita unanimemente pelos alunos. O objetivo do professor foi de criar trabalho em grupos, onde os alunos pudessem utilizar do conhecimento técnico adquirido em aulas e desenvolver sua criatividade, iniciativa, habilidades de gerenciamento, habilidades de comunicação, entre outras. O artigo está dividido em quatro partes, sendo que a metodologia é apresentada na parte dois. A terceira parte mostra os resultados obtidos do trabalho colaborativo e na última parte são feitas as análises e considerações finais.

2 METODOLOGIA

No presente trabalho a metodologia utilizada foi baseada no modelo de aprendizagem construtivista proposto por Souza (2000) e apresentado no trabalho de Niezke *et al* (2002). A Figura 1 mostra a metodologia utilizada, que foi dividida em seis fases.

Figura 1 – Modelo de processo de aprendizagem (adaptado de Niezke et al. 2002).



Fonte: próprio autor.

Na 1ª fase, a partir das aulas teóricas, ministradas na disciplina Eletrônica de Potência, foram apresentados problemas de engenharia relacionados a serem resolvidos como, por exemplo, a análise e projeto de um conversor estático de potência. Esse conversor foi explorado pelos alunos durante as aulas práticas em um laboratório de ensino. Durante essa fase foram criados os grupos de alunos e cada grupo escolheu o seu coordenador, pretendendo-se assim despertar habilidades e competências como comunicação, liderança e hierarquia. O coordenador foi o responsável pela interlocução do grupo com o professor.

Na 2ª fase, que se refere a busca de informações, as tarefas foram divididas dentro de cada grupo de alunos pelos seu respectivo coordenador, sendo, portanto, uma fase de pesquisa individual. Habilidades como iniciativa e autodidatismo são contempladas nessa fase. Os discentes tinham a disposição as pesquisas na internet, na biblioteca e a comunicação com os professores e técnicos disponíveis.

A 3ª fase, a de análise, foi realizada dentro do grupo, onde os alunos selecionaram as informações obtidas por cada membro do grupo. As competências e habilidades de negociação conjunta do grupo na busca de um ideal comum proporcionaram a confiança mútua e corresponsabilidade pela condução das ações. As decisões e discussões internas foram administradas pelo coordenados de cada grupo.

Após a análise das informações obtidas foi realizada a síntese (4ª fase) da metodologia, onde foi discutido e proposto internamente pelos membros do grupo o projeto do conversor estático de potência em comum senso com todos. Simuladores de circuitos foram utilizados para estudar e testar o desempenho do sistema, permitindo que ajustes nas especificações pudessem ser realizadas.

Na fase de Formalização (5ª fase), os grupos apresentaram seminários mostrando suas práticas propostas ao professor e aos integrantes dos outros grupos, o que proporcionou discussões entre os grupos e professor. As habilidades de comunicação puderam ser exercitadas nessa fase. Os seminários deveriam expressar a motivação, a proposta, a metodologia de implantação e os resultados preliminares alcançados via simulação.

E na fase de Validação (6ª e última fase) foi realizada a implementação do projeto no laboratório, havendo a execução da prática proposta e a verificação dos resultados simulados anteriormente, realizando assim a validação da prática como um todo. E finalmente, a avaliação final dos grupos foi realizada pelo professor através da apresentação dos resultados obtidos das experiências e dos relatórios confeccionados por cada grupo.

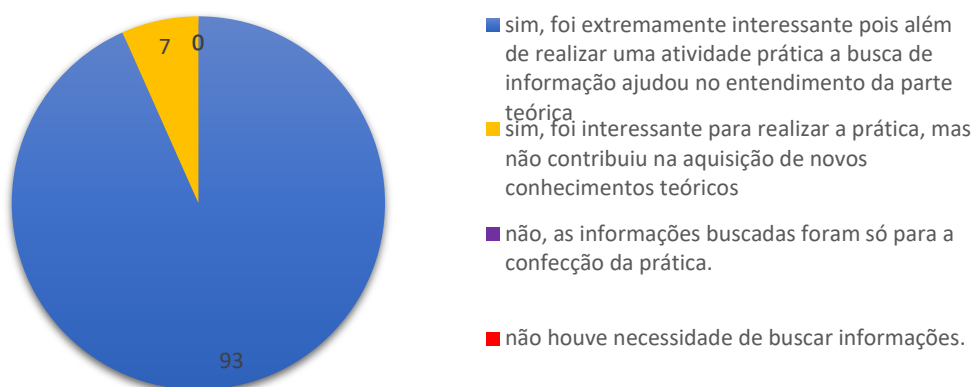
3 RESULTADOS

Um dos objetivos de cada atividade foi motivar cada grupo de alunos a buscar informações sobre os projetos dos conversores, para consolidares essas informações em conhecimento. Além da teoria ministrada em sala de aula, os alunos tiveram que pesquisar alguns itens complementares para elaborar a prática como, por exemplo, as folhas de especificações técnicas (*datasheet* em inglês) dos componentes dos circuitos de potência. Nota-se na Figura 2 que 93% dos alunos afirmaram que a aquisição dessas informações colaborou com o entendimento da parte teoria e 7% comentaram que foi interessante, mas não proporcionou aquisição de novos conhecimentos. Nota-se com esses resultados (Figura 2) que as buscas dessas informações são importantes, pois solidificam as informações obtidas em salas de aulas bem como a aquisição de novos conhecimentos.

Uma preocupação era saber se os conteúdos das aulas teóricas foram suficientes para os alunos elaborar uma atividade laboratorial, isto é, saber se o conteúdo passado forneceu a base teórica suficiente para que os alunos buscassem informações complementares a fim de realizar a prática. Nessa parte 87% dos alunos acharam as informações transmitidas em aulas foram suficientes e adequadas, 13% acharam que foram suficientes e que faltaram alguns detalhes nas aulas teóricas e ninguém disse que foram insuficientes, conforme pode ser observado na Figura 3. Alguns alunos comentaram que o detalhe que faltou foi que deveria haver mais exemplos nas aulas teóricas. Esse detalhe auxiliará os professores na programação dos próximos semestres.

Figura 2 - Motivação na busca de informação através da elaboração da prática.

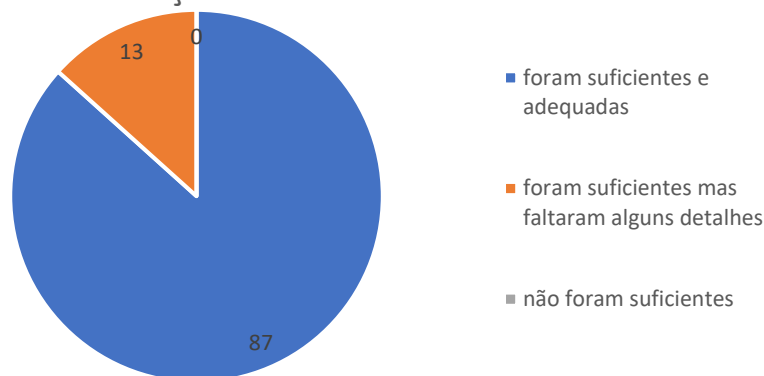
Elaborar a prática motivou a busca de informações?



Fonte: próprio autor.

Figura 3 – Suficiência das informações transmitidas aos alunos.

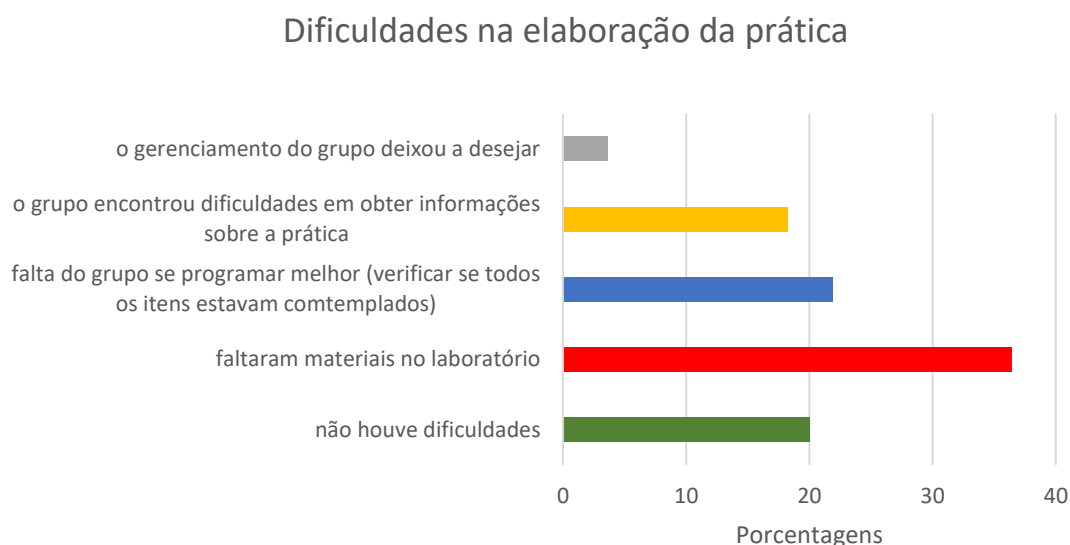
Informações teóricas foram suficientes?



Fonte: próprio autor.

Transferir aos alunos a responsabilidade da confecção de uma prática torna o aprendizado mais ativo, mais participativo e ao mesmo tempo apresenta novas dificuldades que devem ser administradas pelos alunos. Para saber se ocorreu ou não dificuldades na elaboração da prática foi perguntado se houve dificuldades na elaboração da prática e, pela Figura 4, nota-se que 20% dos alunos não tiveram dificuldades enquanto 80% citaram algumas dificuldades. A maior dificuldade (36%) foi relacionada à falta de materiais no laboratório unido à 22% que citaram que faltou o grupo se programar melhor. Essas duas dificuldades estão ligadas pois era responsabilidades dos grupos de se informarem com os técnicos sobre a disponibilidade dos componentes no laboratório, o que provavelmente alguns grupos não atentaram a este fato, isso fez com que esses grupos se atrasassem em seus cronogramas. 17% dos alunos acusaram dificuldades em obter informações, o que pode ser considerado um número mediano em contraposição com os 83% que não acusaram essa dificuldade. Completando essas dificuldades, apenas 4% dos alunos comentaram que o gerenciamento do grupo foi insuficiente indicando que há houve grandes problemas de relacionamentos.

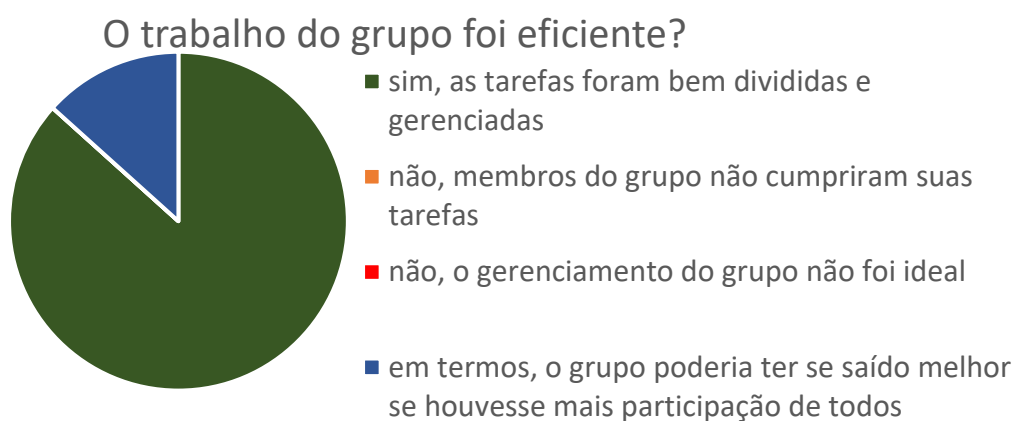
Figura 4 – Dificuldades encontradas na elaboração da prática.



Fonte: próprio autor.

Pela Figura 4, 4% dos alunos comentaram que o gerenciamento do grupo deixou a desejar. As trocas de informações, as divisões de tarefas e as decisões entre os membros do grupo pode proporcionar um aprendizado mais efetivo das informações, além de poder apresentar problemas com os quais os grupos devem administrar. Corroborando com a informação anterior, pela Figura 5, nota-se que o trabalho em grupo foi bem eficiente, sendo que nenhum grupo apresentou grandes dificuldades na eficiência e nos relacionamentos. A maioria dos alunos afirmaram que as tarefas foram bem divididas e gerenciadas (87%) e 13% acusou que o grupo funcionou, mas que alguns membros poderiam ter uma participação mais ativa.

Figura 5 – Avaliação da eficiência do desempenho do grupo.



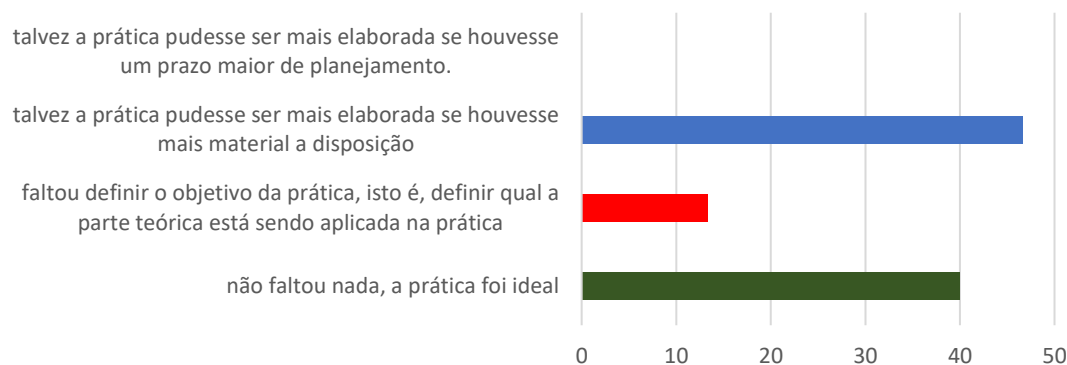
Fonte: próprio autor.

Como foi a primeira vez que esse método foi inserido na disciplina é natural que haja espaço para melhorias e aperfeiçoamento da atividade. Do ponto de vista dos alunos (Figura 6), 47% comentaram que poderiam melhorar a prática se houvesse mais material à disposição. No caso o material citado são os componentes à disposição nos laboratórios. 40% dos alunos acharam a prática ideal e que não precisa de melhorias. Ainda, pela Figura 6, 13% achou que faltou definir o objetivo da atividade, de saber qual a parte teórica que estava sendo aplicada na prática. No caso, os objetivos da prática foram apresentados no

início da atividade e, os autores acharam que os alunos conseguissem fazer a ponte entre a teoria e a prática elaborada. Para os próximos semestre, a ideia dos autores ainda é deixar os alunos realizar essa ligação entre teoria e prática e depois da prática realizada, dialogar com os alunos confirmando e analisando essa ligação.

Figura 6 – Itens a serem aprimorados na prática.

O que faltou na prática para ser mais didática?

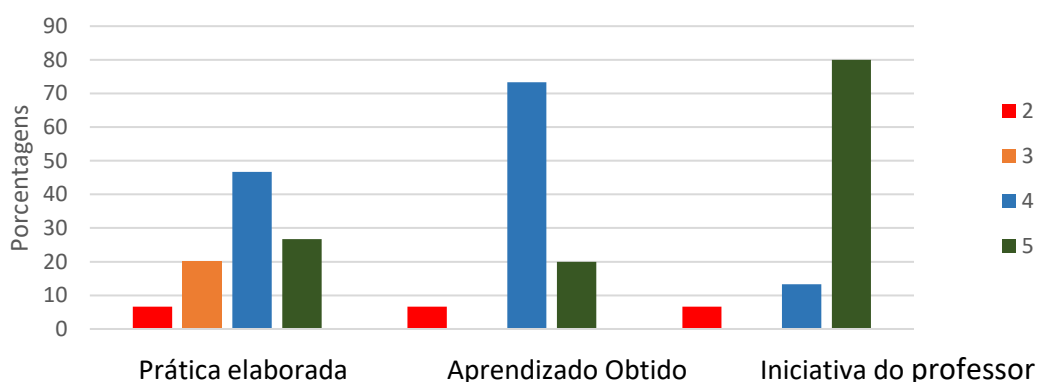


Fonte: próprio autor.

Os alunos avaliaram a atividade realizada dando notas de 0 (totalmente ruim) até 5 (totalmente bom) em três itens: Prática elaborada, Aprendizado obtido e Iniciativa do professor. Pela Figura 7, para a prática elaborada a avaliação obteve 27% de nota 5 e 47% de nota 4, perfazendo um total de 74% de avaliação positiva. As notas 3 e 2 podem ser consideradas notas medianas e nesse item 20% foi de nota 3 e 7% da nota 2. As notas 0 e 1, que seriam negativas, não foram votadas. No aprendizado obtido, ainda na Figura 7, a avaliação positiva foi de 20% para nota 5 e 73% para a nota 4. As notas medianas foram de 7% para a nota 2. Quanto a iniciativa do professor as notas positivas foram de 80% da nota 5 e 13% da nota 4 (Figura 7). A nota mediana foi de 7% para a nota 2. Observa-se que as menores notas foram constantes, isto é, 7% nos três itens avaliados e nos três itens a atividade foi bem avaliada obtendo maiores avaliações positivas (notas 4 e 5).

Figura 7 – Avaliação da atividade, do aprendizado e da iniciativa do professor.

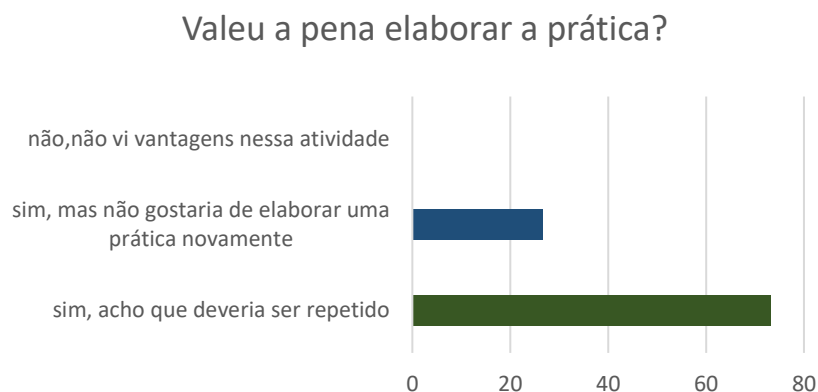
Avaliação da atividade



Fonte: próprio autor.

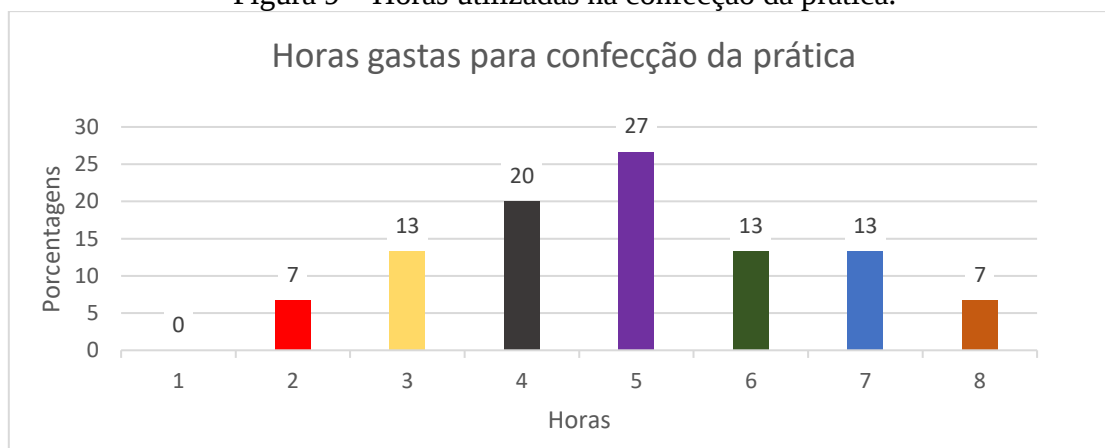
Apesar da atividade ser bem avaliada 27% dos alunos não gostariam de elaborar uma prática novamente (Figura 8), sendo o tempo de preparação para a explicação mais recorrente. Apesar disso, 73% gostaram e acharam que o experimento deveria ser repetido em outras disciplinas. As horas dispendidas na confecção da prática pode ser vista na Figura 9, na qual pode-se constatar que a maioria gastou mais de 4 horas na elaboração da prática.

Figura 8 – Avaliação geral da atividade.



Fonte: próprio autor.

Figura 9 – Horas utilizadas na confecção da prática.



Fonte: próprio autor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No geral a atividade foi bem aceita pelos alunos sendo que todos eles consideraram que valeu a pena a elaboração da prática e a maioria dos alunos acharam que o experimento deveria ser repetido. Além disso, os alunos citaram que o aprendizado obtido através das pesquisas e elaboração da prática foram consistentes.

A maior dificuldade dos alunos foi referente aos componentes disponíveis nos laboratórios. Nos próximos semestres, os professores estão estudando uma maneira melhor para disponibilizar essa informação através da criação de uma lista dos componentes dos laboratórios. Essa lista, provavelmente, será disponibilizada ou através do ambiente Moodle, ou através do site do departamento. Além disso, alguns materiais que não constam nos laboratórios poderão ser analisados para possíveis aquisições.

Alguns comentários livres dos alunos corroboram com essa conclusão da motivação e das dificuldades encontradas. Alguns comentários dos alunos foram:

- Aluno A01: “O método utilizado neste semestre foi diferente de tudo que já encontramos em outras aulas e, apesar de ter sido implementado em forma de teste, se apresentou mais completo do que os outros métodos.”
- Aluno A02: “É importante citar a participação dos alunos até mesmo na elaboração da prática e não apenas na realização da mesma. Isso faz com que o aluno, em sala se aproxime da matéria, e no laboratório esteja mais preparado para solução dos problemas.”
- Aluno 03: “Ser disponibilizado para os alunos uma listagem com os componentes disponíveis no laboratório. O fato de não existir alguns componentes gerou perda de tempo e muitos cálculos para adequar o projeto para nossa realidade em laboratório, este que acabou frustrando o grupo na hora de alcançar os resultados desejados.”
- Aluno 04: “As práticas exigiram trabalho em equipe e conhecimento teórico simples, contudo, em alguns momentos a sala dependia do funcionamento do circuito de um grupo, ou ainda: as práticas demoravam muito para serem executadas corretamente, ou ainda acabava não sendo executada em sua plenitude. Talvez algumas observações práticas da montagem (em relação à teoria ou à simulação) pudessem ser repassadas para auxiliar os alunos no desenvolvimento de seus próprios roteiros e realizar a prática com melhor resultado possível, agregando ainda mais no desenvolvimento da disciplina.”
- Aluno 05: “O curso de Eletrônica de Potência ficou bem mais interessante com as atividades práticas elaboradas!”

Os autores consideram que os objetivos foram atendidos. A elaboração da prática tornou o aprendizado mais interessante, fazendo os alunos buscarem informações para complementarem suas informações teóricas obtidas nas aulas. O trabalho em grupo foi bem administrado pelos alunos, pois não houve comentários negativos sobre este item. Os comentários dos alunos publicados acima motivam os professores a investirem mais planejamento nessas práticas elaboradas pelos próprios alunos. Com certeza ficaria inviável realizar todas as práticas da disciplina nesse modelo, pois demanda tempo dos alunos na pesquisa, elaboração e montagem da prática. Pretende-se continuar a implementar o método de ensino no formato apresentado neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- BEHRENS, M. A. Metodologia de projetos: aprender e ensinar para a produção do conhecimento numa visão complexa. In: TORRES, Patrícia Lupion. (org.). **Metodologias para produção do conhecimento: da concepção à prática**. Curitiba: Senar-pr, 2015. p. 105-126.
- CARVALHO, D. A.; ALMEIDA, M. T.; NEVES JUNIOR, S. B.; SANTOS E SILVA, S. A. A.; CYRILLO, Y. M.; GOMES, F. J. A estratégia PjBL no século XXI: utilização das ferramentas digitais. **Revista Eletrônica Engenharia Viva**, Goiás, v. 1, n. 1, p. 75–89, 2014.
- COHEN, E. G.; LOTAN, R. A. **Planejamento do Trabalho em Grupo**. 2. ed. Porto Alegre: Editora Penso, 2017.
- COSTA, A. L. M.; RIFFEL, D. B.; BEZERRA, E. C. Um currículo de engenharia para o século. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA., 38, 2010, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza, 2010.

FERNADES, E. M.; LUSTOSA, F. G. A. perspectiva da aprendizagem cooperativa-colaborativa como recurso didático-pedagógico para a inclusão de alunos com deficiência. *In: FORÚM INTERNACIONAL DE PEDAGOGIA*, 2012, Parnaíba. **Anais [...]**. Parnaíba, PI, 2012.

JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T.; HOLUBEC, E. J. **Los nuevos círculos del aprendizaje**: la cooperación em el aula y la escuela. Virginia: Aique, 1999.

MONTES, M. T. do A. **Aprendizagem colaborativa e docência online**. Curitiba: Editora Appris, 2016.

MORAN, J. M.; MASETTO, M.; BEHRENS, M. A. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. Campinas: Papirus, 2000.

MONEREO, C.; GISBERT, D. D. **Tramas, procedimientos para a aprendizagem cooperative**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2005.

NITZKE, J. A.; CARNEIRO, M. L. F. Ambientes de aprendizagem cooperativa apoiados por computador para a educação em engenharia. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA.*, 29, 2001, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: 2001.

NITZKE, J. A.; CARNEIRO, M. L. F.; FRANCO, S. R. K. Ambientes de aprendizagem cooperativa apoiada pelo e sua epistemologia. **Revista informática na Educação: Teoria & prática**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 13-23, 2002.

SOUZA, R. S.; MENEZES, C. S.; SOUZA, D. S. Inserção da informática na Educação: Uma proposta baseada no processo de aprendizagem. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO.*, 11, 2000, Maceió. **Anais [...]**. Maceió, 2000.

TORRES, P. L.; IRALA, E. A. F. Aprendizagem colaborativa: teoria e prática. *In: TORRES, P. L. (org.). Complexidade: redes e conexões na produção do conhecimento*. Curitiba: Senar-pr, 2014. p. 61-93.

VIEIRA, G. M. R.; SILVA, J. C. T.; LANG, G.; NICODEMUS, G. C. PAPE: Uma proposta para suporte à aprendizagem básicas da engenharia. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA.*, 31, 2003, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza, 2003.

SALA DE AULA INVERTIDA: APLICAÇÃO NO CURSO DE ENGENHARIA NA DISCIPLINA DE LÓGICA DIGITAL⁵

Edilson Reis Rodrigues Kato
Ricardo Menotti
Celso Aparecido de França
Roberto Santos Inoue

Nos dias atuais, tecnologias como smartphones, tablets, notebooks, redes de comunicação mundial etc., permitem um vasto acesso à informação aos estudantes. Esta informação fornece uma maior dinâmica e conectividade do estudante, possibilitando sua participação em redes sociais, operações comerciais, trabalho entre outros. Diante dessa realidade novos desafios de ensino e aprendizagem são impostos os educadores, no sentido de utilização dessas tecnologias e de diferentes metodologias de ensino aprendizagem para motivar e alcançar bons resultados de aprendizagem dos estudantes. Uma metodologia de ensino e aprendizagem neste contexto, deve inserir a realidade dessas tecnologias, presente no dia a dia dos estudantes, e repensar nos espaços onde ocorrem uma melhor transmissão e a assimilação dos conhecimentos pelo estudante. A metodologia da Sala de Aula Invertida (Flipped Classroom) permite que as competências desenvolvidas através de conhecimento, habilidades e atitudes, possam ser empregadas utilizando tais tecnologias disponíveis. Na Sala de Aula Invertida (SAI), o estudante se prepara estudando antes para as atividades em sala de aula, durante a aula praticam os conceitos aprendidos e depois revisam o conteúdo e estendem seu aprendizado. Esse trabalho tem como objetivo apresentar o uso da metodologia SAI aplicado ao ensino da disciplina “Lógica Digital” dos cursos de graduação em Engenharia e Ciência de Computação da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). A SAI foi aplicada com nesses cursos semestrais aos estudantes ingressantes obtendo como resultados: 72% (119 estudantes) de aprovação direta e 7% de estudantes em recuperação e 21% dos estudantes foram reprovados. Alguns foram reprovados por não frequentar as aulas.

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, tecnologias como smartphones, tablets, notebooks, redes de comunicação mundial etc., permitem um vasto acesso à informação aos estudantes. Esta informação fornece uma maior dinâmica e conectividade do estudante, possibilitando sua participação em redes sociais, operações comerciais, trabalho entre outros. Diante dessa realidade novos desafios de ensino e aprendizagem são impostos os educadores, no sentido de utilização dessas tecnologias e de diferentes metodologias de ensino aprendizagem para motivar e alcançar bons resultados de aprendizagem dos estudantes.

⁵ KATO, E. R. R. *et al.* Sala de Aula Invertida: Aplicação no Curso de Engenharia na Disciplina de Lógica Digital. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA., 48, 2020, Caxias do Sul. **Anais [...]**. Caxias do Sul: COBENGE, 2020. Evento Online. (Artigo publicado originalmente nos anais).

Uma metodologia de ensino e aprendizagem neste contexto, deve inserir a realidade dessas tecnologias, presente no dia a dia dos estudantes, e repensar nos espaços onde ocorrem uma melhor transmissão e a assimilação dos conhecimentos pelo estudante. Novos métodos têm sido propostos para se adequar ou adaptar a possibilidade de uso dessa nova estratégia, principalmente os métodos que tratam de atividades pré-classe, como o PBL (Problem Based Learning), o PjBL (Project Based Learning), a Aprendizagem Invertida (AI), dentre outros.

Um dos pilares da Aprendizagem Invertida (AI) é o ambiente flexível, no qual os alunos escolhem quando e onde aprendem, ou seja, a metodologia da Sala de Aula Invertida (Flipped Classroom) permite que as competências desenvolvidas através de conhecimento, habilidades e atitudes, possam ser empregadas utilizando tais tecnologias disponíveis. Na Sala de Aula Invertida (SAI), o estudante se prepara estudando antes para as atividades em sala de aula, durante a aula praticam os conceitos aprendidos e depois revisam o conteúdo e estendem seu aprendizado.

Embora houvessem registros anteriores do uso da SAI, ela ficou mais difundida e sistematizada por Jonathan Bergmann e Aron Sams, em 2007, para atender os estudantes do ensino médio que eram atletas e ficavam ausentes nas aulas presenciais durante competições, flexibilizando, portanto, seus horários de estudo (BERGMAN; SAMS, 2012; PIERCE; FOX, 2012).

Lage, Platt e Treglia (2000) estabelecem que inverter a sala de aula significa que os eventos que são tradicionalmente realizados em sala de aula, agora tomam lugar fora da sala e vice-versa, em que o uso de tecnologias como mídias e a WEB são determinantes.

Bishop e Verleger (2013) definem SAI como uma técnica educacional que consiste em um estudo individual utilizando tecnologias digitais anterior à sala de aula e atividades de aprendizagem interativas em sala de aula, as quais provocam a ação dos estudantes. Nesse modelo, o professor não deve ministrar aulas expositivas e sim ser um orientador das atividades e esclarecedor de dúvidas, tanto individual como em grupo. Ou seja, atividades individuais podem ser realizadas em sala para confirmar ainda o aprendizado através de esclarecimento de dúvidas individualizado.

Na SAI os estudantes passam a ter o papel de protagonista, diferente do ensino tradicional em que o professor é o protagonista e os estudantes são passivos na aprendizagem. No modelo SAI, o estudante estuda os conteúdos básicos antes da aula, a partir de vídeos de curta duração, textos explicativos, simulações etc. Em sala, o professor aprofunda o aprendizado a partir de situações-problema, estudos de caso ou atividades diversas, também esclarece dúvidas e estimula o desenvolvimento do trabalho em grupo. Após, o estudante cria, exercita e solidifica os conceitos aprendidos (DATIG; RUSWICK, 2013).

O aprendizado em sala de aula é focado no que foi previamente estudado pelos alunos em atividades extraclasse e na sala de aula são incentivados a trabalhar em grupo de forma colaborativa entre si, na resolução de problemas entre outras atividades (OLIVEIRA; ARAÚJO; VEIT, 2016).

Nesse processo o professor, embora assuma um papel secundário no aprendizado do estudante, continua sendo o principal responsável em orientar os alunos em como aprender, aplicar os conteúdos e direcionar as novas informações (WILSON, 2013).

A partir dessas considerações, os principais motivos para se implementar a SAI seriam: Maior aproveitamento do tempo em aula, permitindo a resolução de tarefas práticas e esclarecimento de dúvidas (BERGMANN; SAMS, 2012) (BRUNSELL; HOREJSI, 2011) (JOHNSON, 2012) (MILMAN, 2012) e o envolvimento ativo dos alunos, desenvolvendo o pensamento crítico e resolução de problemas (PIERCE; FOX, 2012).

No entanto Rodrigues, Spinasse e Vosgerau (2015), em sua revisão, enumeram uma série de desafios observados por vários pesquisadores, tais como o maior tempo para a preparação da aula pelo professor; a resistência dos estudantes ao novo método e as condições como cada estudante assiste o vídeo e como realiza a sua busca de conhecimento na mídia.

Entretanto, apesar das dificuldades, vários relatos favoráveis mostram vários benefícios podem ser enumerados, tais como (RODRIGUES; SPINASSE; VOSGERAU, 2015):

- Substituição da aprendizagem passiva, com aulas participativas;
- Conteúdo permanentemente disponibilizado ao estudante;
- Aumento da interação entre estudante-estudante e professor-estudante;
- Os professores dispõem de tempo para trabalhar com os estudantes individualmente;
- Aumento da responsabilidade dos estudantes;
- O estudante trabalha em seu próprio ritmo e estilo;
- Promove o desenvolvimento de habilidades de comunicação, trabalho em equipe e colaboração de ideias;
- Permite o estudante colocar o seu aprendizado em prática.

Ou seja, apesar das dificuldades de sua implantação, os benefícios na aprendizagem do estudante e a adaptação das tecnologias disponíveis permitem que essa abordagem de aprendizagem seja implementada de forma satisfatória, mudando o paradigma da educação tradicional de forma que os estudantes passam a possuir uma maior autonomia e controle de seu aprendizado com maturidade e motivada para a sua formação e atuação profissional.

Esse trabalho tem como objetivo apresentar o uso da metodologia SAI aplicado ao ensino da disciplina “Lógica Digital” dos cursos de graduação em Engenharia e Ciência de Computação da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). A SAI foi aplicada com sucesso nestes cursos semestrais aos estudantes ingressantes e foram alcançados muito bons resultados, recomendando o seu uso para essa disciplina e adaptação para outras também.

2 MATERIAIS E MÉTODO

A disciplina de Lógica Digital do Departamento de Computação da Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, é ministrada para os cursos de Engenharia de Computação e Bacharelado em Computação, em seu primeiro semestre, ou seja, para os ingressos nesse curso. O objetivo da disciplina trata da aprendizagem da lógica digital básica, tradicionalmente fornecida em vários outros cursos de outras universidades. Contempla a mudança do paradigma da base 10 para a base 2 para os ingressos no sentido que compreendam o funcionamento básico de um sistema computacional digital. Ou seja, trabalha com a lógica combinatória e com a lógica sequencial binárias para se atingir esse fim.

De acordo com o projeto pedagógico dos cursos, a ementa contempla (PROJETO PEDAGÓGICO DO CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO - UFSCar, 2018): Conceitos fundamentais de Eletrônica Digital; Representação digital da informação; Álgebra Booleana; Tabelas verdade e portas lógicas; Expressões lógicas e formas canônicas. Estratégias de minimização de circuitos; Elementos de memória; Máquinas de estado (Mealy e Moore); Circuitos funcionais típicos (combinacionais e sequenciais).

A disciplina possui seis créditos, ou seja, contempla 15 semanas, com seis horas aula por semana e é composto por 4 horas teóricas, divididas em 2 dias, e duas aulas práticas em laboratório. Nas aulas práticas os estudantes utilizam material didático baseado em um hardware reconfigurável.

No momento de aplicação da SAI na disciplina, eram duas classes formadas com aproximadamente 80 alunos, o que motivou a implementação de uma metodologia centrada no aluno e em grupo, além da disciplina contemplar um conteúdo básico e a informação encontrada na WEB sobre a disciplina ser bastante vasta. Ou seja, a ideia era despertar individualmente cada aluno para conduzir sua aprendizagem, utilizando ferramentas tecnológicas existentes e disponível a todos, e motivá-lo em sala de aula com atividades práticas em grupo, conduzidas pelo professor.

Para isso, propôs-se a gravação das aulas em vídeos curtos (entre 10 e 20 min). Um pré-teste individual fora da sala de aula, com tentativas limitadas, um pós-teste em sala de aula realizado em grupo, com a tutoria do professor, e como fixador pós sala de aula o desenvolvimento no laboratório de práticas direcionadas ao aprendizado.

O principal veículo de comunicação foi o AVA Moodle UFSCar (SEAD-AVA, 2020), onde os alunos estavam automaticamente inscritos e podiam acessar o material de estudo, vídeos, livros, textos em pdf etc. e realizar os pré-testes, antes de entrar na sala de aula. Na sala de aula o estudante realizava os pós-testes que também poderia utilizar como apoio o ambiente de aprendizagem para sua execução. O AVA Moodle UFSCar também era o meio por onde os alunos enviavam, em formato pdf, as atividades em classe e os relatórios das práticas em laboratório.

Os vídeos foram gravados e postados no Youtube, na WEB, e postados no AVA-Moodle UFSCar. Os vídeos têm duração de no máximo 20 minutos e consistiam em explicação e comentários dos assuntos da disciplina. No caso, os alunos poderiam vê-los quantas vezes fosse necessário, e se necessitassem explicação auxiliar, eram orientados a buscarem na internet ou livros textos.

Os pré-testes eram realizados diretamente no AVA Moodle UFSCar, na forma de questões de múltipla escolha, com a possibilidade de duas tentativas, ou seja, o estudante poderia alterar sua resposta até o tempo limite, que era no dia anterior à aula de interesse. Os resultados eram computados automaticamente (a ferramenta AVA-Moodle permite essa possibilidade), permitindo com que o professor pudesse ter ideia dos acertos e erros antes do início da aula.

Os pós-testes eram realizados em sala de aula em grupos pré-estabelecidos pelo professor. A tarefa em grupo era realizada de forma que os alunos devessem entrar em consenso e entregue até o final da aula. Poderiam às vezes ser tarefas entregues em papel para preenchimento e devolução ou tarefas na WEB, utilizando ferramentas on-line disponíveis capazes de simular as soluções dos estudantes, com entrega via pdf ou link executável postado ainda antes do término da aula.

As práticas de laboratório, consistiam em duas horas aula nos laboratórios de ensino do Departamento de Computação da UFSCar São Carlos. Nesse caso eram práticas dirigidas, utilizando uma ferramenta baseada em um *hardware* reconfigurável, que utilizava um CAD de confecção de circuitos digitais. As práticas eram apresentadas no próprio laboratório e em seguida era realizada a sua execução. No laboratório os alunos se reuniam em duplas.

A forma de avaliação do estudante consistia então das notas individuais e em grupo. Sendo que as individuais eram compostas pelos pré-testes e provas (três individuais) e as em grupo, que eram compostas pelos pós-testes e relatórios do laboratório. O peso maior foi dado às avaliações individuais. Abaixo, a formulação da Média final:

A forma de avaliação do estudante consistia então das notas individuais e em grupo. Sendo que as individuais eram compostas pelos pré-testes e provas (três individuais) e as em grupo, que eram compostas pelos pós-testes e relatórios do laboratório. O peso maior foi dado às avaliações individuais. Abaixo, na Equação (1) e (2), é apresentado a formulação da Média final:

$$M_{final} = M_{teorica} \times 0,7 + M_{praticas} \times 0,3 \quad (1)$$

$$\text{Sendo } M_{teorica} = M_{pré-testes} \times 0,1 + M_{provas} \times 0,7 + M_{pós-testes} \times 0,2 \quad (2)$$

M_{final} é a média final, $M_{teorica}$ é a média da teoria, $M_{praticas}$ é média das práticas, $M_{pré-testes}$ é a média dos pré-testes, M_{provas} é a média das provas e $M_{pós-testes}$ é a média dos pós-testes. Com aprovação do aluno que obtiver média final igual ou superior a seis.

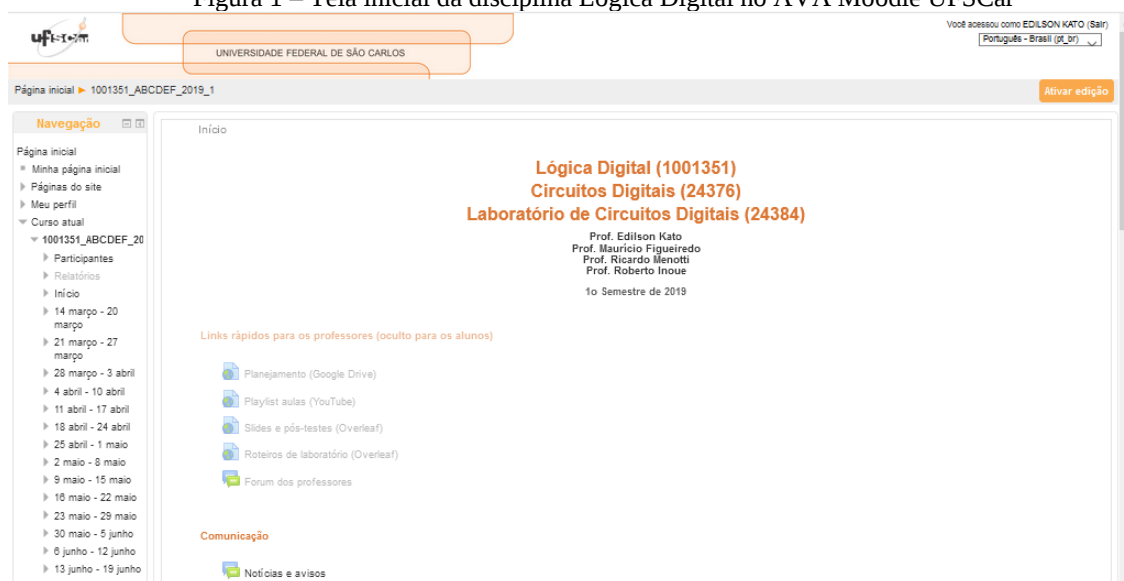
A forma de validação da implementação da SAI na disciplina de Lógica Digital foi realizada a partir da percepção da equipe de professores responsáveis pela sua implementação durante o semestre. Foi observado, pelos professores, a motivação dos estudantes, a compreensão de seu protagonismo em sua aprendizagem, o trabalho em grupo, a implementação prática de laboratório e a sua aprendizagem individual.

3 IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS

A implementação da SAI na disciplina de Lógica Digital dos cursos de Engenharia de Computação e Ciência da Computação da Universidade Federal de São Carlos campus São Carlos, teve como base a utilização da ferramenta institucional de aprendizagem utilizada pela universidade. A ferramenta utilizada foi o Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) baseado na plataforma Moodle (MOODLE, 2020).

A Figura 1 ilustra a estrutura implementada para a disciplina. Na Figura 1, observa-se na tela inicial os nomes dos professores da equipe de implantação, uma área reservada para a troca e postagem de documentos exclusiva para os professores, uma área de comunicação com os alunos e a esquerda, as semanas utilizadas para implantação da disciplina. Também tem disponibilizado 3 documentos em pdf, o plano de ensino da disciplina, orientações boas práticas da utilização do laboratório e um documento de instrução de elaboração de relatórios.

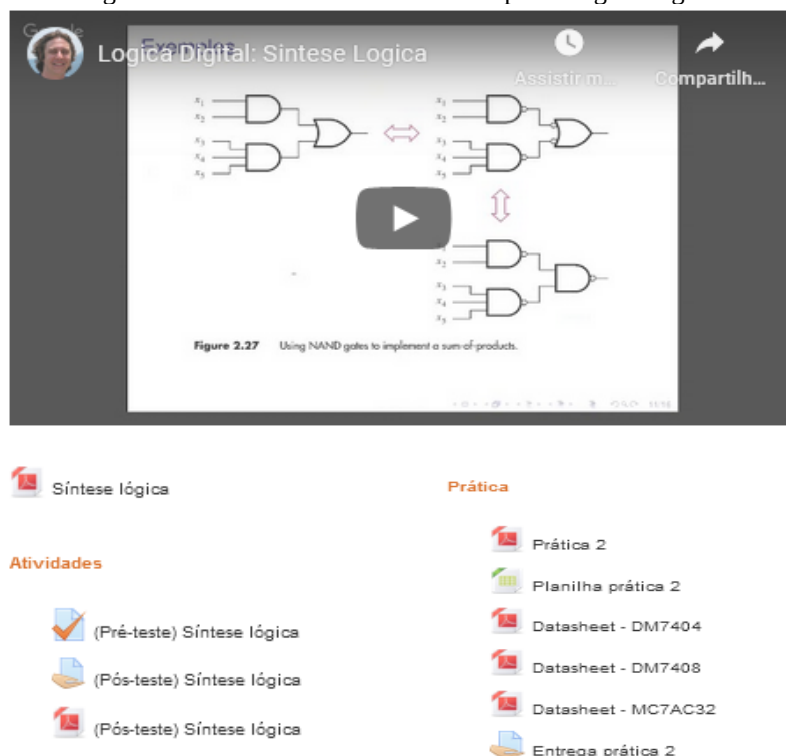
Figura 1 – Tela inicial da disciplina Lógica Digital no AVA Moodle UFSCar



Fonte: próprio autor.

A Figura 2 ilustra a tela de uma semana típica disponibilizada aos estudantes. Observa-se o vídeo disponibilizado, assim como sua versão em pdf, também os alunos têm acesso ao pré-teste e o pós-teste, que é liberado somente na sala de aula e se tem disponibilizada a atividade prática de laboratório e os textos necessários para sua execução. Tanto o pós-teste com o relatório de atividades do laboratório possuem sua entrega através dessa mesma tela, em formato pdf.

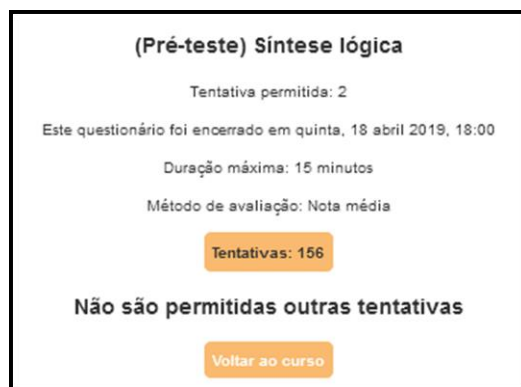
Figura 2 – Tela de uma semana da disciplina Lógica Digital.



Fonte: próprio autor.

O estudante tem acesso ao vídeo para realizar seus estudos antes da aula, quando está seguro de sua aprendizagem, pode então realizar o pré-teste. A Figura 3 ilustra a tela de acesso ao pré-teste, onde o estudante pode realizar até duas tentativas. Como são questões formuladas no AVA Moodle UFSCar com a opção de correção automática, o professor possui acesso as respostas, verificando a quantidade de estudantes que puderam entender o conteúdo, direcionando assim em sala de aula as dúvidas a serem esclarecidas. A Figura 4 ilustra a tela do AVA Moodle UFSCar onde as notas são disponibilizadas ao professor.

Figura 3 – Acesso do estudante ao pré-teste.



Fonte: próprio autor.

Em sala de aula, o aluno se reúne em grupos de no máximo sete participantes e são fornecidos os pós-testes a cada grupo. Eles têm o tempo da aula para dúvidas e resolução dos problemas fornecidos. Todos os pós-testes completos são recebidos pelo professor na antes do final da aula e as notas são inseridas no AVA Moodle da UFSCar, sendo disponibilizada individualmente a cada estudante.

Figura 4 – Tela de verificação das respostas do pré-teste.

Reavaliar tudo Simular reavaliação completa

Todas as tentativas contribuem para a nota final do usuário.

Nome : TodosABCDEFGHIJKLMN O P Q R S T U V W X Y Z
Sobrenome : TodosABCDEFGHIJKLMN O P Q R S T U V W X Y Z

1 (Próximo)

Baixar dados da tabela como: Arquivo texto com valores separados por vírgulas Download

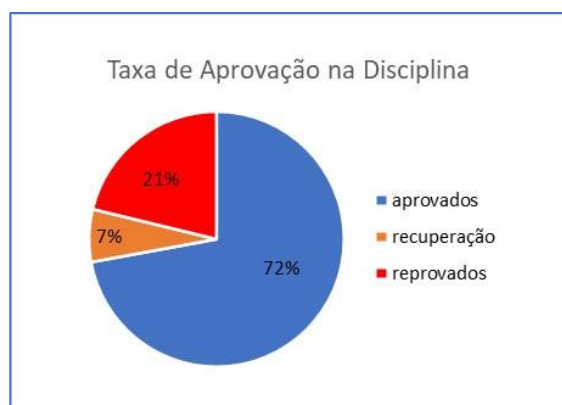
	Nome / Sobrenome	Endereço de email	Estado	Iniciado em	Completo	Tempo utilizado	Avaliar/100,00	Reavaliar	Q. 1 /50,00	Q. 2 /50,00
☐	Revisão de tentativa	eduardolopes2000@outlook.com.br	Finalizadas	26 março 2019 15:57	26 março 2019 15:59	2 minutos 7 segundos	100,00		✓ 50,00	✓ 50,00
☐	Revisão de tentativa	gui-jose2@hotmail.com	Finalizadas	26 março 2019 16:31	26 março 2019 16:34	2 minutos 33 segundos	60,00/100,00	Terminado	✓ 50,00	✓ 0,00/50,00
☐	Revisão de tentativa	clorsilva0022@hotmail.com	Finalizadas	26 março 2019 18:25	26 março 2019 18:28	2 minutos 31 segundos	100,00		✓ 50,00	✓ 50,00
☐	Revisão de tentativa	athed17edu@gmail.com	Finalizadas	26 março 2019 19:33	26 março 2019 19:37	4 minutos 43 segundos	40,00/50,00	Terminado	✓ 50,00	✗ 0,00/50,00
☐	Revisão de tentativa	atheusrosa123@gmail.com	Finalizadas	26 março 2019 20:12	26 março 2019 20:18	6 minutos 18 segundos	50,00		✗ 0,00	✓ 50,00

Fonte: próprio autor.

A prática de laboratório é realizada com o auxílio de uma ferramenta de CAD de projeto e implementação de circuitos eletrônicos. O kit educacional utilizado é o da família Xilinx Zynq 7000, o qual é baseado na arquitetura All Programmable System-on-Chip (AP SoC), que integra um processador ARM Cortex-A9 de núcleo duplo com a lógica FPGA (Field Programmable Gate Array) (DIGILENT, 2020).

A SAI foi utilizada em todas as 15 semanas da disciplina Lógica Digital, com periodicidade de 2 vezes por semana nas aulas teóricas, com 2 turmas que totalizaram 165 estudantes. Em relação à aprovação na disciplina, os resultados podem ser ilustrados na Figura 5, onde observa-se que 72% dos alunos foram aprovados (119 estudantes), sendo que 11 estudantes, ou seja, 7% alcançaram a média para a recuperação (que ocorre no semestre seguinte) e 21% (35 estudantes) foram reprovados na disciplina. Para os estudantes irem para a recuperação deveriam obter a média mínima igual a 5,0.

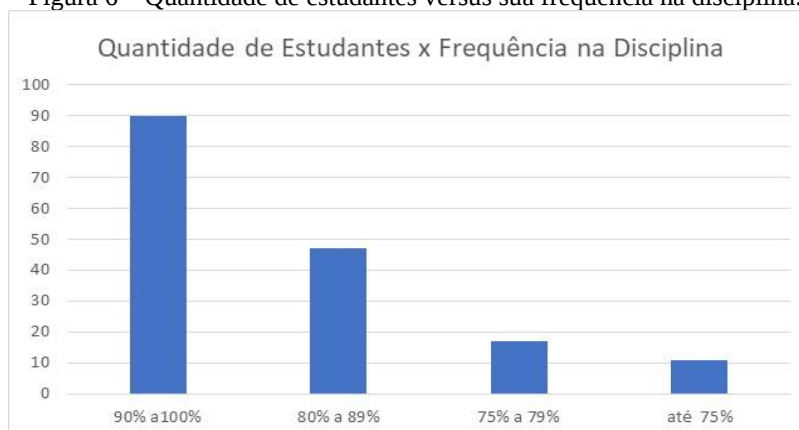
Figura 5 – Resultados da disciplina Lógica Digital.



Fonte: próprio autor.

Quanto à frequência do estudante em sala de aula, a Figura 6 ilustra a quantidade de estudantes e o percentual de sua frequência em sala de aula, onde observa-se que mais da metade dos estudantes (90 estudantes) obtiveram uma frequência superior a 90% em sala de aula. Um total de 154 estudantes frequentaram as aulas com 75% ou mais de frequência e que somente 11 estudantes não atingiram a frequência em sala de aula de 75%, que é uma exigência para a não reprovação na disciplina.

Figura 6 – Quantidade de estudantes versus sua frequência na disciplina.



Fonte: próprio autor.

A percepção da equipe de professores responsáveis pela implementação da SAI foi quanto à motivação dos estudantes, compreensão de seu protagonismo em sua aprendizagem, trabalho em grupo, implementação prática de laboratório e aprendizagem individual.

Quanto a motivação do estudante, os professores foram unânimes em concordar que houve um aumento em relação às turmas anteriores, e até mesmo em relação a outras disciplinas ministradas por eles. Pode-se observar na Figura 9, que a frequência em sala de aula foi bastante relevante para isso.

Em contato direto com os alunos observou-se que o estudante estava consciente de que ele era o responsável por conduzir sua aprendizagem, sabendo que era de seu interesse o comprometimento que deveria ter com a disciplina, o que foi observado por vários professores.

Esse comprometimento possibilitou o desencadeamento de discussões e dúvidas, tanto individuais como em grupo, que fizeram os estudantes a se aprofundarem nos temas da disciplina durante a aula, permitindo aos professores o direcionamento e tutoria adequada durante o trabalho em grupo em aula.

Esse interesse e discussão dos estudantes, despertou uma maior análise crítica e visão da disciplina, refletindo na execução das práticas, ou seja, notou-se uma facilidade na implementação prática dos conteúdos, por parte dos estudantes.

Quanto a aprendizagem individual, os professores notaram, por contato com os estudantes, que estes pareciam mais seguros de seu aprendizado, quanto ao preparo e execução dos pré-testes e das provas. O professor podia, a partir de suas avaliações individuais, identificar alunos com maior dificuldade e auxiliar diretamente em sua aprendizagem. Essa atuação do professor favoreceu com certeza as taxas de aprovação apresentadas na Figura 8.

Foi observada também a facilidade de adaptação dos estudantes às tecnologias utilizadas, acesso internet, estudo pela web e participação ativa em chats e fóruns durante a disciplina. Ou seja, houve o entendimento, por parte dos estudantes quanto a ser o protagonista de sua aprendizagem, o que é fundamental para a sequência de estudos das próximas disciplinas do seu curso.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho é um relato do uso da metodologia de aprendizagem Sala de Aula Invertida (SAI) na disciplina de Lógica Digital dos cursos de Engenharia e Ciência de Computação da UFSCar. Na disciplina de Lógica Digital, a SAI foi implementada motivada principalmente pela grande quantidade de estudantes nas turmas e pela disponibilidade de tecnologias existentes aos estudantes. Também se levou em conta ser uma disciplina oferecida aos ingressos do curso, ou seja, tinha o objetivo de uma maior motivação do estudante e o direcionamento da sua forma de estudar, o que, de acordo com a percepção dos professores foi alcançado.

A SAI foi implementada com sucesso, utilizando o ambiente virtual de aprendizagem baseado no Moodle, implementado na universidade, o AVA Moodle UFSCar. Nesse ambiente os estudantes puderam ter acesso às atividades antes da aula e durante a aula, o que permitiu a implantação da metodologia. O AVA Moodle UFSCar também se mostrou muito eficaz para os professores no gerenciamento das atividades, notas e *feedback* aos estudantes.

A quantidade de estudantes aprovados e a frequência dos estudantes para os estudos em sala de aula na disciplina foi considerada boa (acima de 70% de aprovação direta), o que motiva a implementação futura da SAI nessa disciplina e em outras disciplinas dos cursos de Engenharia e Ciência de Computação.

Para as próximas implementações, pretende-se corrigir e melhorar os vídeos e materiais disponíveis para o estudante trabalhar antes da aula e elaborar em sala uma avaliação individual, antes da atividade em grupo. Espera-se com isso, motivar mais dúvidas e estimular mais os debates antes da atividade em grupo. Pretende-se também em sala de aula aplicar em conjunto, metodologias do tipo Peer Instruction, Team Based Learning (TBL), utilizar ferramentas baseada em jogos (Menti, Kahoot etc.), entre outras possibilidades e de acordo com os conteúdos da disciplina.

REFERÊNCIAS

BERGMANN, J.; SAMS, A. **Flip your classroom**: reach every student in every class every day. ISTE ASCD, 2012. 123 p.

BRUNSELL, E.; HOREJSI, M. Flipping Your Classroom. **The Science Teacher**, Washington, v. 78, n. 2, p. 10, 2011.

BISHOP, J. L.; VERLEGER, M. A. The Flipped Classroom: A Survey of the Research. *In: ASEE ANNUAL CONFERENCE & EXPOSITION.*, 120., 2013, Atlanta. **Anais [...]**, Washington DC, American Society for Engineering Education, p. 1-18. 2013.

DATIG, I.; RUSWICK, C. Four Quick Flips: Activities for the Information Literacy Classroom. **College & Research Libraries News**, v. 74, n. 5, p. 249-251, 257, 2013.

DIGILENT, A. National Instruments Company, Disponível em: [https:// store.digilentinc.com/ zybo-z7-zynq-7000-arm-fpga-soc-development-board/](https://store.digilentinc.com/zybo-z7-zynq-7000-arm-fpga-soc-development-board/). Acesso em: 03/04/2020.

JOHNSON, G. Students, Please Turn to YouTube for Your Assignments. **Education Canada**, v. 52, n. 5, 2012.

LAGE, M. J.; PLATT G. J.; TREGLA, M., Inverting the Classroom: A Gateway to Creating an Inclusive Learning Environment. **Journal of Economic Education**, p 30-43. Dec. 2000.

MILMAN, N. B. The Flipped Classroom Strategy: What Is it and How Can it Best be Used? **Distance Learning**, Greenwich, v. 9, n. 3, p. 85-87, 2012.

MOODLE. Sistema de gestão da Aprendizagem. Disponível em: <https://moodle.org>. Acesso em 03 abril 2020.

OLIVEIRA, T. E., ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. Sala de aula invertida (Flipped Classroom): inovando as aulas de física. **Física na Escola**, v. 14, n. 2, p. 4 – 13, 2016.

PIERCE, R.; FOX, J. Vodcasts and Active-Learning Exercises in a "Flipped Classroom" Model of a Renal Pharmacotherapy Module. **American Journal of Pharmaceutical Education**, v. 76, n. 10, p. 1-196, 2012.

PROJETO pedagógico do curso de Engenharia de Computação - UFSCar, 2018. Disponível em: <http://enc.dc.ufscar.br/>. Acesso em 03 abril 2020.

RODRIGUES, C. S.; SPINASSE, J. F.; VOSGERAU, D. S. Sala de aula invertida - Uma revisão sistemática. *In: EDUCERE CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO.*, 12, 2015, Paraná. **Anais [...]**. Paraná, 2015. p. 39283-39295.

SEAD-AVA. Ambiente de Aprendizagem Virtual UFSCar. Disponível em: <https://ava.ead.ufscar.br/>. Acesso em 03 abril 2020.

THOMAS, J. W. **A review of research on project-based learning**. San Rafael, Ca.: The Autodesk Foundation, 2000.

WILSON, S. G. The Flipped Class: A Method to Address the Challenges of an Undergraduate Statistics Course. **Teaching of Psychology**, Philadelphia, v. 40, n. 3, p. 193-199, 2013.

DINÂMICA APLICADA NA DISCIPLINA DE INICIAÇÃO À ENGENHARIA ELÉTRICA PARA EVITAR EVASÃO⁶

Celso Aparecido de França
Helder Vinícius Avanço Galeti
Robson Barcellos
Edilson Reis Rodrigues Kato

O aumento da taxa de evasão dos cursos superiores preocupa vários educadores. Vários estudos apontam que uma das causas da evasão são os conteúdos mais teóricos no início dos cursos que desmotivam os alunos. A disciplina Iniciação (ou Introdução) à Engenharia foi criada para inserir o aluno dentro da área escolhida sendo, um dos objetivos da disciplina justamente a de motivar o aluno para evitar a evasão. A disciplina de Iniciação à Engenharia Elétrica na UFSCar foi criada em 2009 e desde então vem se alterando na forma de transmitir os conteúdos aos alunos. O resultado dessa dinâmica vem sendo acompanhada pelos professores responsáveis, que aplicam questionários no fim do semestre para analisar, avaliar e propor alterações na forma pela qual o conteúdo é exposto. Técnicas de metodologia ativa são aplicados na disciplina (TBL, PBL, aula dialogadas, entre outras). Na conclusão do artigo foi notado que as alterações na disciplina são necessárias pois os alunos atuais têm uma vontade maior de participar das aulas e não ficar somente copiando ou assistindo uma apresentação. Foi notado, também, que a motivação dos alunos aumentou com a aplicação das técnicas de metodologias ativas e como consequência, a evasão diminuiu.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Tosta et al (2016) a média anual de crescimento do número de concluintes foi de aproximadamente 5% na década de 1990 para cerca de 10% nos últimos 10 anos. Mesmo assim, os autores mostram a preocupação com o crescimento da taxa de evasão. Silva Filho et al (2007) comenta que a taxa de evasão no primeiro ano de curso é duas a três vezes maiores do que a dos anos seguintes.

Um estudo sobre a evasão nos cursos de graduação na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) feito por Davok e Bernard (2016), aponta que os menores índices de evasão ocorreram nos cursos da área de Ciências da Saúde (19,6%) e os maiores nos cursos das áreas de Ciências Exatas e da Terra (58,6%), Engenharia (41,0%), e Linguística, Letras e Artes (45,9%). Esses autores fizeram um estudo avaliando 25 cursos, sendo que o índice médio de evasão foi de 38,2%. Portanto, nota-se com esse

⁶ FRANÇA, C. A. et al. O Dinâmica Aplicada na Disciplina de Iniciação à Engenharia Elétrica para Evitar Evasão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA., 47, 2019, Fortaleza. Anais [...]. Fortaleza: COBENGE, 2019. (Artigo publicado originalmente nos anais).

estudo que há uma grande evasão nas engenharias superior a médias dos cursos analisados.

Dias e Soares (2009) apresenta como uma possível explicação para a evasão nos cursos de graduação, nos primeiros anos, o fato de que os conteúdos são mais teóricos do que práticos, desmotivando os alunos.

Souza *et al* (2000) conclui em seu trabalho que apesar das reformulações curriculares, adequação de ementas e laboratórios entre outras medidas, os cursos de engenharia não conseguem motivar e preparar os alunos, ficando claro que o papel desempenhado pelo professor ainda é fator principal na motivação e no aprimoramento do aluno.

Tendo em vista este contexto, o desencanto pelo curso de graduação pode se iniciar precocemente, principalmente pela ausência de disciplinas específicas no período inicial do curso (GONÇALVES, 1997). Os primeiros semestres de um curso de engenharia praticamente são compostos de disciplinas básicas teóricas da área da matemática e da física. Mesmo as aulas básicas de laboratório de física e química muitas vezes não atendem aos anseios dos futuros engenheiros. Por este motivo, muitos cursos oferecem a disciplina de Introdução (ou Iniciação) à Engenharia como uma forma de motivar e apresentar a engenharia.

Este artigo apresenta a disciplina “Iniciação à Engenharia Elétrica” (IEE) oferecida aos calouros do curso na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Desde o início do curso em 2009, a disciplina passou por diversas mudanças em seu conteúdo para melhor atender às expectativas, acolhimento e familiarização dos ingressantes com o perfil do curso. O objetivo da disciplina é de sempre motivar os alunos procurando diminuir a taxa de evasão do curso.

O presente artigo está dividido em quatro partes, na segunda parte é apresentada a estrutura da disciplina e seus conteúdos. A terceira parte apresenta a opinião dos alunos e análises dos resultados. Na quarta parte são apresentadas as conclusões finais.

2 CONTEÚDO DA DISCIPLINA

A disciplina de Iniciação à Engenharia Elétrica foi criada em 2009, com 6 (seis) créditos, correspondentes 90 (noventa) horas aula semestral ou 6 horas aula semanais. Um fato interessante dessas 6 (seis) horas é que 4 (quatro) são dedicadas às práticas de laboratórios. A Figura 1 mostra o mapa mental do conteúdo da disciplina. Nota-se, pela Figura 1, que a disciplina é composta de diversas atividades: aulas teóricas, pesquisa, palestra, visitas, aulas práticas, projetos e uma competição de robôs.

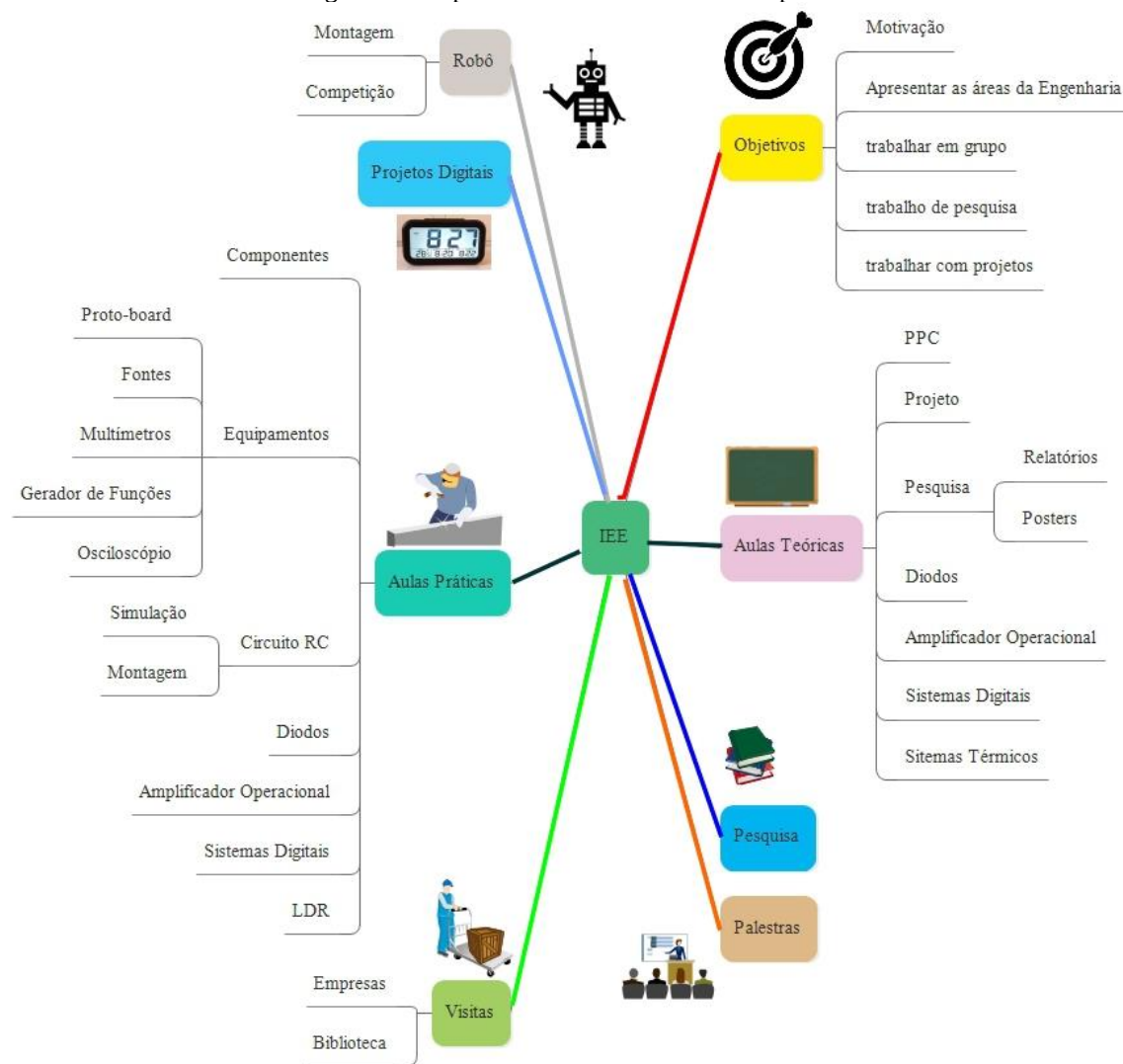
No final da disciplina é aplicado um questionário que visa a avaliar o curso, bem como indicar possíveis melhorias que possam ser implementadas. Essa dinâmica no conteúdo tem justamente o objetivo de motivar os alunos bem como atenuar a evasão do curso.

Nas aulas teóricas são apresentados o projeto pedagógico do curso (PPC) e informações sobre o curso na UFSCar. Na sequência é explicado o que é um projeto, o que é uma pesquisa, a forma de escrever relatórios e como fazer pôsteres. Ainda são apresentados alguns dispositivos eletrônicos: diodos, amplificadores operacionais, sistemas digitais e ldrs. As informações sobre os dispositivos são sobre seu funcionamento básico sem um aprofundamento mais teórico, uma vez que o objetivo é fornecer uma base teórica mínima na qual os alunos possam entender e verificar o funcionamento em laboratórios.

As aulas práticas são um complemento às aulas teóricas. No início são apresentados aos alunos vários componentes (resistores, diodos, capacitores, CIs, entre outros), para que eles possam conhecer fisicamente os componentes. Adicionalmente, são

apresentados os equipamentos utilizados no laboratório (proto-board, fontes de alimentação, multímetros, gerador de função e osciloscópio), sendo que nessa etapa os alunos já começam a montar alguns circuitos simples e fazer as medições. Após a apresentação dos componentes e dos equipamentos, os alunos trabalham no laboratório para montar as práticas que complementam as informações da teoria. Nessa etapa, eles projetam circuitos retificadores com diodos, circuitos amplificadores, resolvem problema para automatizar um estacionamento com sistemas digitais e estudam o comportamento do LDR. Em todas as práticas os alunos elaboram relatórios contendo: capa, introdução, objetivos, desenvolvimento, conclusão e referências bibliográficas. Todas essas práticas tem o intuito de desenvolver habilidades tais como: montar circuitos eletrônicos (habilidade mecânica), projetar, avaliar resultados, trabalhar em grupo, comunicar oralmente e por escrito.

Figura 1 – Mapa mental do conteúdo da disciplina.



Fonte: próprio autor.

Durante o curso são realizadas visitas em empresas e na biblioteca. Antes das visitas nas empresas, os alunos são orientados a pesquisar sobre a empresa para ter um conhecimento prévio do que eles irão observar no chão de fábrica. Na biblioteca, além de

conhecer seus vários setores, os alunos recebem orientações sobre pesquisa em banco de dados onde eles aprendem a acessar o banco de dados da IEEE.

Após os alunos terem a aula teórica de pesquisa e de terem visitado a biblioteca, é realizado um trabalho de pesquisa em grupo, onde o professor apresenta vários temas, tais como: lógica fuzzy, redes industriais, controle de temperatura, entre outros. Cada grupo de alunos escolhe um tema para trabalhar, buscando artigos da IEEE. Após o trabalho feito, cada grupo apresenta um seminário sobre o tema escolhido.

Para apresentar as áreas do Departamento de Engenharia Elétrica, os professores são convidados a fazer palestra sobre sua área de atuação. Dessa forma, os alunos já têm um contato inicial com o corpo docente.

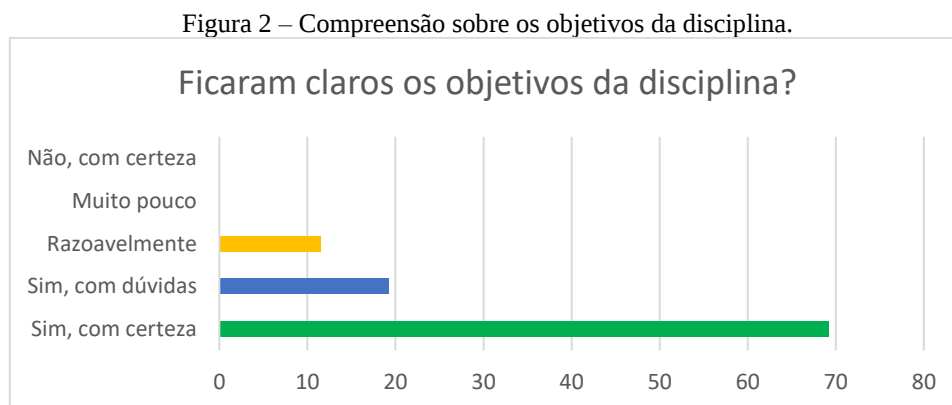
Após a aula teórica e a aula prática sobre sistemas digitais, são formados grupos de alunos e cada grupo deve desenvolver um projeto para solucionar um problema prático usando circuitos digitais. Os problemas foram criados pelos professores da disciplina, sendo que os problemas têm o mesmo grau de dificuldade. Os grupos projetam as soluções e apresentam para seus pares através da elaboração de pôsteres.

A última atividade do curso é a competição de robôs seguidores de linha. Os alunos têm que montar um circuito com ldr e foto-transistor para fazer um robô seguir uma pista. Baseado nas aulas de ldr e laboratoriais, cada grupo faz a montagem completa do carrinho com circuitos analógicos. É realizada uma competição entre os robôs dos grupos que leva em conta o deslocamento no percurso e o tempo que o robô gasta para realizar este deslocamento.

3 ANÁLISE E OPINIÃO DOS ALUNOS

O curso de Iniciação à Engenharia Elétrica da UFSCar recebe 60 (alunos) anualmente. Devido ao limite da capacidade dos laboratórios, esses alunos são divididos em 3 (três) turmas, sendo cada turma orientada por um professor diferente. Todo ano é aplicado um questionário no final do semestre onde os alunos possam avaliar a disciplina. Através dessas repostas, o grupo de professores da disciplina busca detectar problemas que possam ser sanados para melhorar o curso, motivar os alunos e reduzir a evasão.

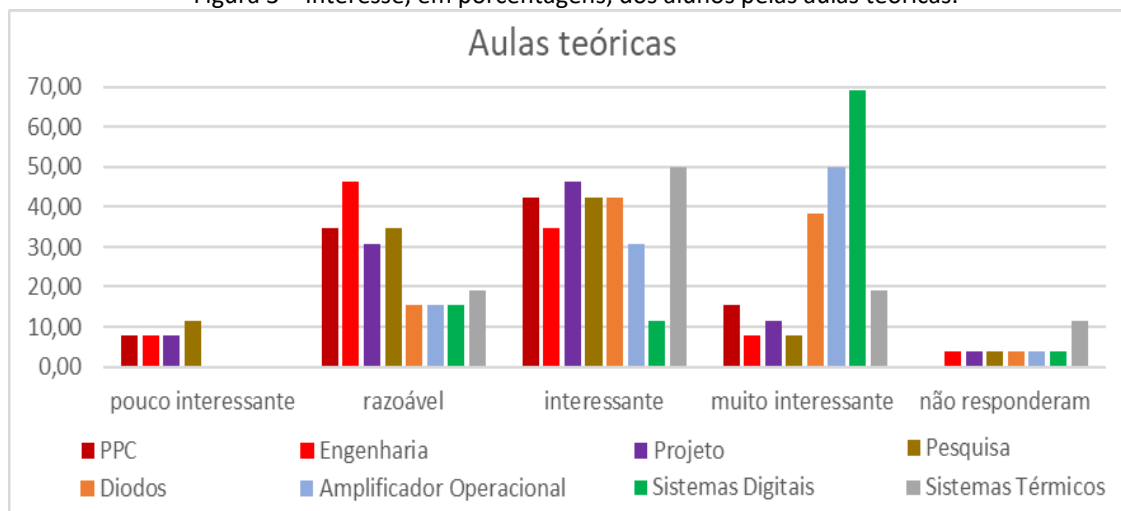
Os objetivos da disciplina são apresentados aos alunos no início do curso. Foi questionado aos alunos se esses objetivos ficaram claros. Pela Figura 2, nota-se que cerca de 89% entenderam os objetivos e cerca de 11% entenderam razoavelmente. Nota-se, também que nenhum aluno ficou sem entender os objetivos.



Fonte: próprio autor.

A Figura 3 mostra o gráfico do interesse dos alunos nas aulas teóricas. Nota-se pelo gráfico que a grande motivação dos alunos aconteceu nas aulas de diodos, amplificador operacional, sistemas digitais e sistemas térmicos. Isso pode ser explicado porque essas aulas tiveram práticas de laboratórios onde os alunos puderam comprovar a teoria exposta na aula teórica. Na Figura 3, nota-se, também, que quase 70% dos alunos acharam a aula teórica de sistemas digitais muito interessante. Isso pode ser explicado pelo problema apresentado em sala de aula que foi realizado no laboratório, onde os alunos tiveram que projetar um sistema digital para automatizar a porta de entrada de um estacionamento. Em geral as aulas teóricas foram bem avaliadas, sendo que a maioria das respostas indicam que as aulas foram interessantes ou muito interessantes. Na opção pouco interessante apenas as aulas que tem um conteúdo mais teórico (PPC, história da engenharia, projeto e pesquisa) foram votadas.

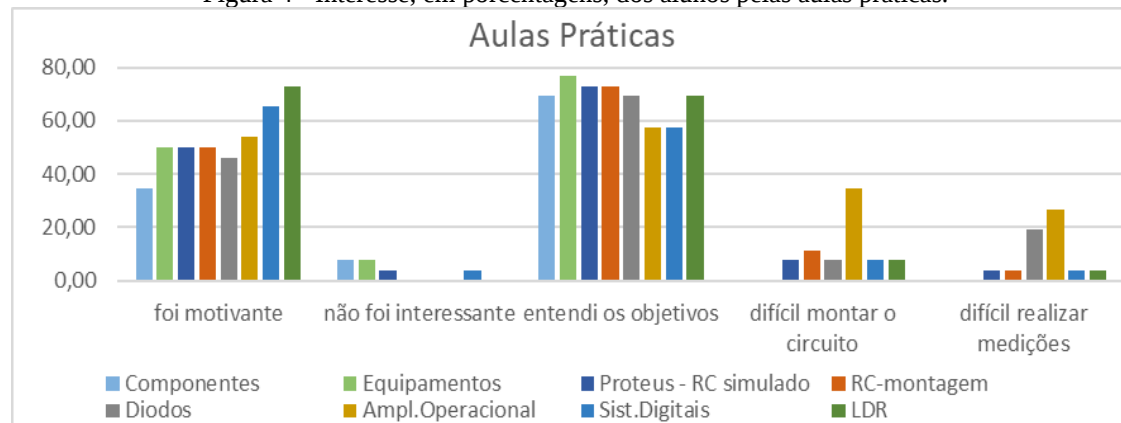
Figura 3 – Interesse, em porcentagens, dos alunos pelas aulas teóricas.



Fonte: próprio autor.

Percebe-se, pela Figura 4, que a motivação dos alunos nas aulas práticas foi grande, atingindo 73% no caso da prática do LDR. Isto se deve em grande parte por causa da base teórica exposta em aula e do entendimento dos objetivos de cada prática, isto é, os alunos perceberam o que eles tinham que observar e analisar nas práticas laboratoriais. Percebe-se pela figura que os alunos tiveram um entendimento médio de 68% das práticas. Além disso, a figura aponta que os alunos tiveram algumas dificuldades nas montagens e em algumas medições, o que é normal já que são alunos do primeiro ano e muitos deles nunca tiveram contato com os equipamentos e componentes.

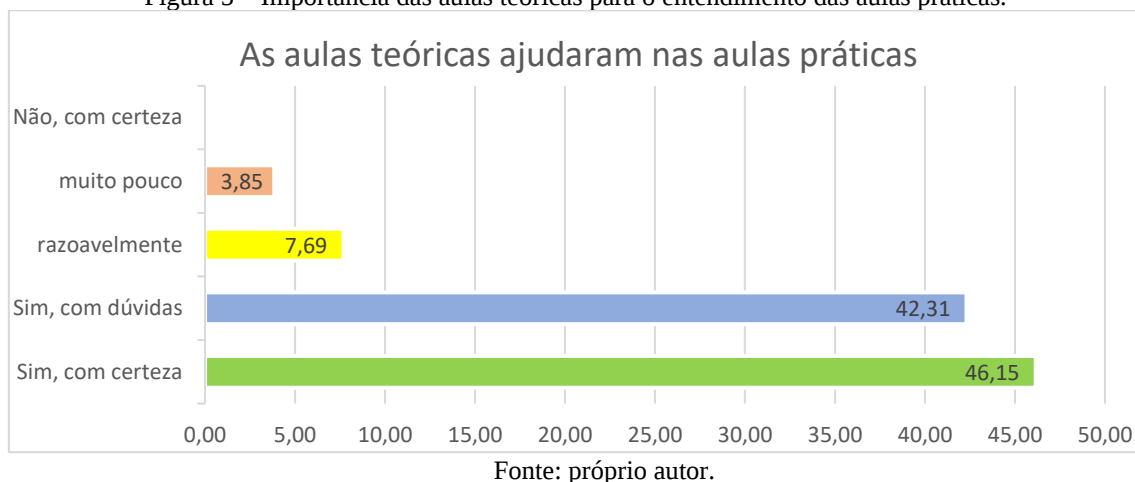
Figura 4 - Interesse, em porcentagens, dos alunos pelas aulas práticas.



Fonte: próprio autor.

Foi questionado se as aulas teóricas ajudaram a compreender as aulas práticas. A Figura 5 mostra que em torno de 88% dos alunos as respostas foram positivas. Isso se deve ao planejamento dos professores que anualmente atualizam os conteúdos. Algumas vezes as práticas são simplificadas ou são incrementadas, dependendo das respostas que os alunos dão quando estão realizando as práticas ou através do questionário final da disciplina.

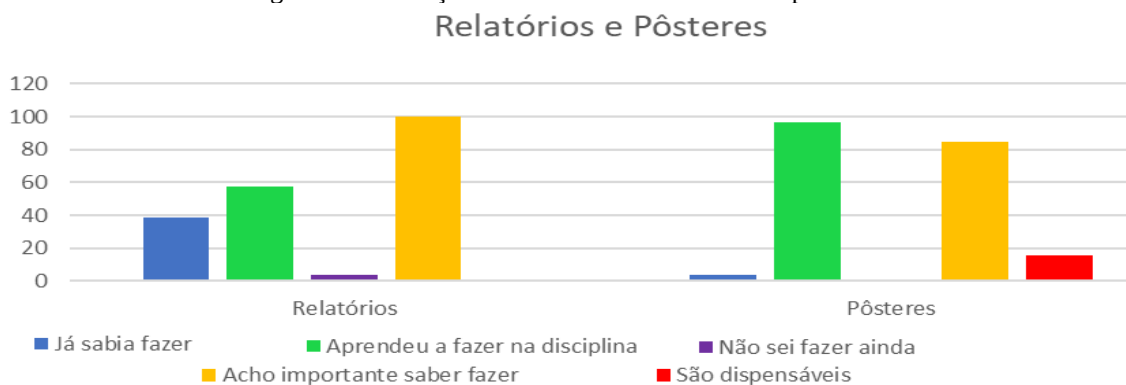
Figura 5 – Importância das aulas teóricas para o entendimento das aulas práticas.



Como comentado anteriormente, após as práticas laboratoriais, os alunos devem preparar um relatório. Os alunos trabalham em grupo e tem uma semana para entregar o relatório. Essa atividade busca o desenvolvimento das habilidades de trabalhar em grupo, de comunicação oral, escrita e administração de problemas. Assim como os relatórios, para desenvolver essas habilidades, são distribuídos problemas para os grupos projetarem as soluções usando circuitos digitais. No caso desses projetos, os grupos devem apresentar as soluções através de pôsteres. São apresentadas aulas de como fazer os relatórios e os pôsteres. A Figura 6 mostra a avaliação sobre essas aulas.

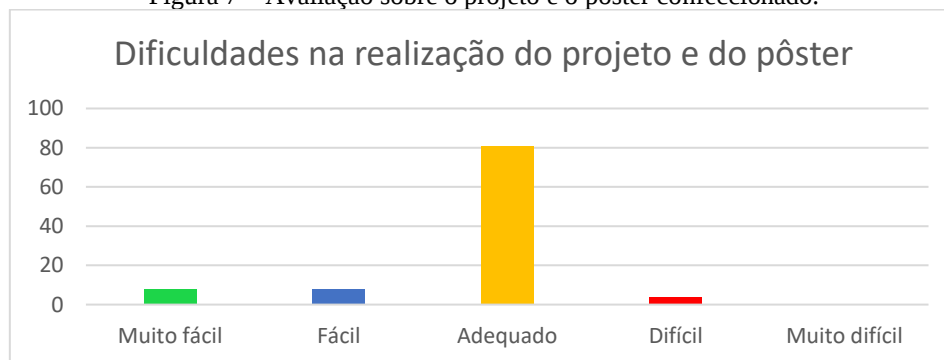
Pelas respostas da Figura 6, a maioria dos alunos aprenderam a fazer os relatórios (57%) e os pôsteres (96%) na disciplina, e acharam importante o aprendizado (100% para os relatórios e 85% para os pôsteres). Os 15% que acreditam que os pôsteres são dispensáveis, servem como um alerta para os professores analisarem o que aconteceu, isto é, se foi problema só de uma turma ou se foi de todas, se foi dada a devida importância para em aula ou não, e com isso tentar melhorar o conteúdo para as próximas turmas.

Figura 6 – Avaliação sobre as aulas de relatórios e pôsteres.



Oitenta por cento dos alunos consideraram que as informações transmitidas em aulas sobre o projeto e sobre a confecção do pôster foram adequadas, conforme mostra a Figura 7. Nesses projetos, a preocupação dos professores foi criar problemas reais adequados ao conhecimento dos alunos ingressantes, pois um dos objetivos da disciplina é justamente de motivar os alunos.

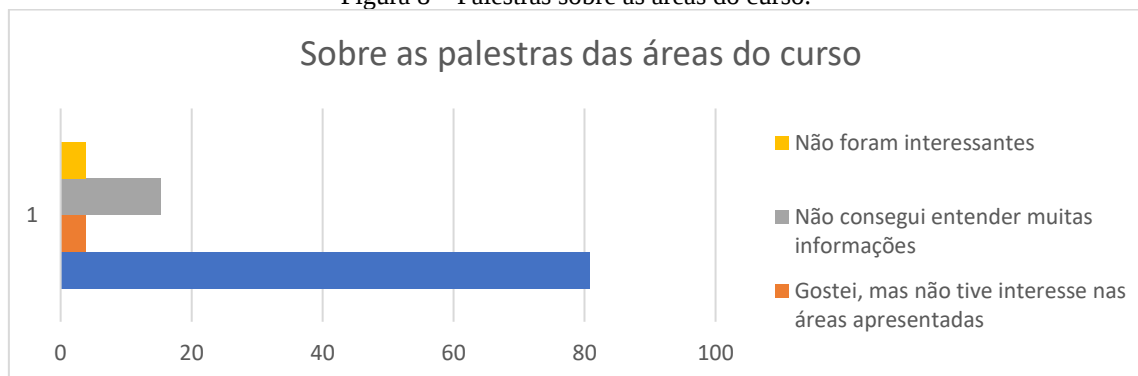
Figura 7 – Avaliação sobre o projeto e o pôster confeccionado.



Fonte: próprio autor.

Dentro da disciplina, os professores do departamento são convidados a fazer uma palestra sobre sua área de atuação. Os alunos se mostraram receptivos à essas informações, pois cerca de 80% (Figura 8) gostaram das palestras e tiveram interesse em algumas das áreas apresentadas. Os professores tiveram cerca de 20 minutos para se apresentarem. Cerca de 69% dos alunos acharam que esse tempo foi ideal e 31% acharam o tempo excessivo, tornando as palestras cansativas.

Figura 8 – Palestras sobre as áreas do curso.



Fonte: próprio autor.

A atividade competição de robôs foi inserida na disciplina no ano de 2017 quando os carrinhos foram entregues já montados. No ano de 2017, os alunos faziam apenas ajustes da velocidade dos robôs, e ficou claro no questionário daquele ano que os alunos desejavam participar mais, isto é, queriam montar os robôs. Já no ano de 2018 os alunos receberam a maioria dos componentes para realizar as montagens. Os alunos tiveram liberdade, também, para criar seu próprio protótipo caso não usassem o protótipo padrão. A Tabela 1 resume o sentimento, por parte dos alunos, sobre a competição dos robôs.

Pela Tabela 1, nota-se que os alunos ficaram divididos na questão da dificuldade da montagem. O mais importante dessa tabela foi a motivação dos alunos. 96% acharam a competição interessante, sendo que os itens mais interessantes na visão dos alunos foram aprender a soldar os componentes na placa de circuito impresso (80%), verificar o desempenho dos robôs mediante os ajustes de velocidade (65%) e o aproveitamento do

conhecimento das práticas de laboratório, especialmente do LDR (69%) para realização de um projeto. Todos os alunos saíram com a compreensão do funcionamento do robô, embora a maioria (64%) não tenha entendido totalmente.

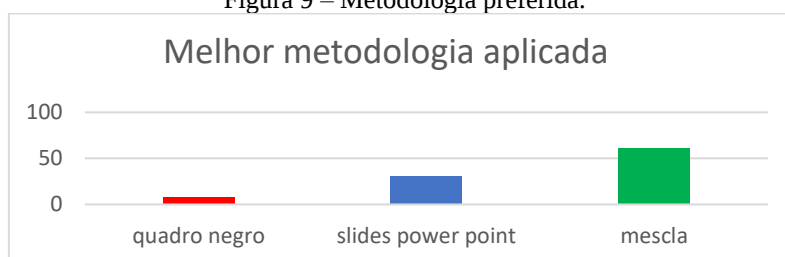
Tabela 1 – Resumo sobre a competição dos robôs.

Dificuldades da montagem	Fácil	53,84%
	Difícil	46,16%
Motivação	Foi interessante	96,15%
	Não foi interessante	3,85%
Itens interessantes	Aprender fazer soldas	80,76%
	Desempenho do robô através dos ajustes	65,38%
	Aproveitar a prática de LDR	69,23%
Compreensão	Entendi totalmente o funcionamento	36,36%
	Tenho ideia, mas não entendi perfeitamente	63,64%
	Não tenho ideia de como o robô segue a linha	0

Fonte: próprio autor.

Os alunos responderam, também, sobre a melhor metodologia de ensino. Na Figura 9, as aulas mescladas com o quadro negro e slides foram escolhidas pela maioria (60%). A maioria dos alunos não gostam de ficar apenas copiando da lousa, mas também não gostam de ficar só escutando o conteúdo transmitido pelo professor através de slides. Eles desejam participar mais das aulas, onde as informações sejam expostas pelos professores e discutidas em classe. As aulas de Iniciação à Engenharia Elétrica na UFSCar são mescladas, os temas são expostos e são discutidos em classe.

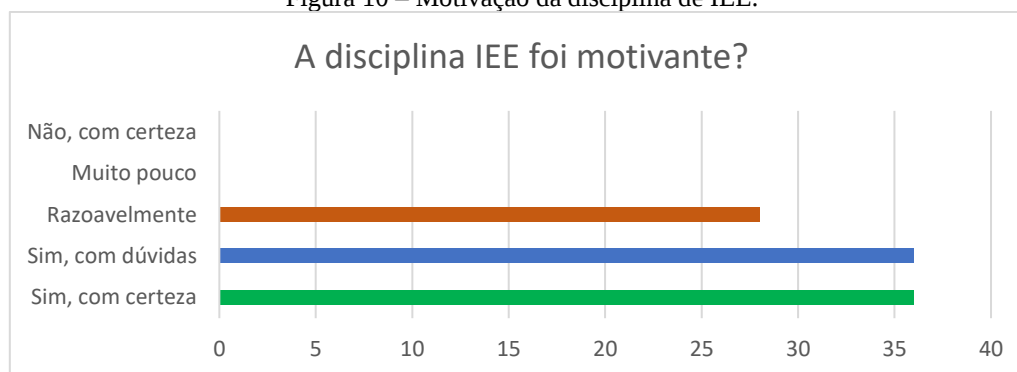
Figura 9 – Metodologia preferida.



Fonte: próprio autor.

A forma que a disciplina está estruturada, com as atividades propondo inserção do aluno nas áreas do curso, se mostrou motivante para a grande maioria dos alunos, como pode ser confirmado na Figura 10. A figura mostra não houve nenhuma resposta negativa e as respostas positivas ficaram em cerca de 72%.

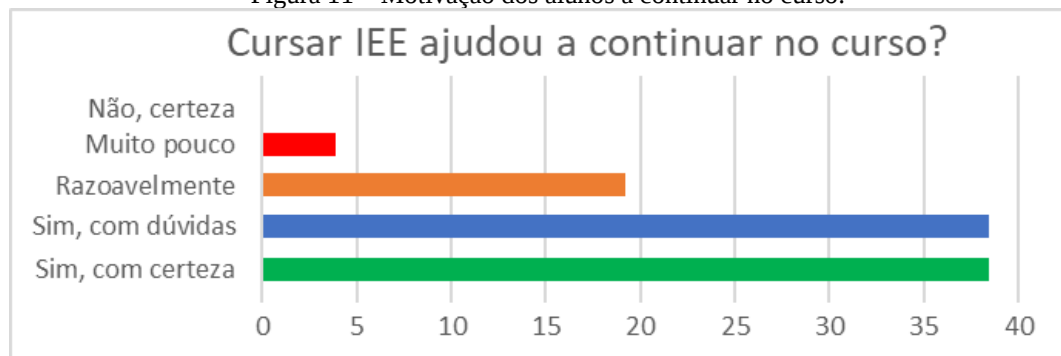
Figura 10 – Motivação da disciplina de IEE.



Fonte: próprio autor.

Foi perguntado aos alunos, se cursar a disciplina de IEE os ajudou a prosseguir na Engenharia Elétrica. Pela Figura 11, nota-se que a disciplina atingiu seu objetivo de motivar os alunos, pois cerca de 76% responderam positivamente e 20% ainda estavam em dúvidas. Os que responderam negativamente foi cerca de 4%.

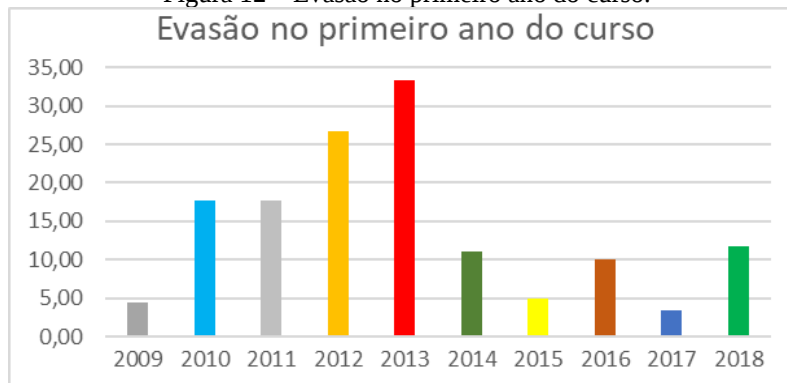
Figura 11 – Motivação dos alunos a continuar no curso.



Fonte: próprio autor.

A evasão no primeiro ano é apresentada na Figura 12, onde pode-se observar que havia um crescimento preocupante de 2009 até 2013, chegando 33% dos ingressantes. Os autores acreditam que as atualizações dos conteúdos na disciplina de Iniciação à Engenharia Elétrica com inserção de mais métodos ativos foi uma das causas da diminuição da evasão. De 2014 a 2018 essa evasão ficou variando de 4 a 11%, o que pode ser considerado normal, pois sempre haverá transferências de alunos para outras instituições que sejam mais próximas as suas cidades de origem.

Figura 12 – Evasão no primeiro ano do curso.



Fonte: próprio autor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou o que é realizado na disciplina de Iniciação à Engenharia Elétrica da UFSCar, bem como as alterações e ajustes que veem sendo feitas na disciplina para motivar os alunos e dessa maneira reduzir a evasão do curso.

Pelos resultados apresentados sobre as aulas teóricas e práticas, os autores entendem que as aulas práticas são grandes motivadoras e incentivadoras para que os alunos se mantenham no curso. Por isso, as práticas devem ser bem planejadas e orientadas. Os alunos devem entender os objetivos, o que eles devem analisar, como fazer e tirar suas próprias conclusões.

Como conclusão final, foi notado que os alunos desejam maior participação em aulas, e não somente transcrever ou escutar as informações dos professores. Em várias ocasiões isso foi comprovado: nas competições dos robôs, na resposta sobre como as informações devem ser transmitidas, nas práticas realizadas nos laboratórios. Também, foi importante ouvir a opinião dos alunos ao final da disciplina, o que permitiu realizar alterações para melhorias na forma de expor os conteúdos.

REFERÊNCIAS

DAVOK, D. F.; BERNARD, R. P. Avaliação dos Índices de Evasão nos Cursos de Graduação da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. **Avaliação**, v. 21, n. 2, p. 503-521, julho 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sciarttext&pid=S1414-40772016000200503&lng=en &nrm=iso>. Acessado em 21 jan. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-40772016000200010>.

DIAS, M. S. de L.; SOARES, D. H. P. **Planejamento de Carreira**: uma orientação para estudantes universitários. São Paulo: Vetor, 2009.

GONÇALVES, E. L. **Evasão no Ensino Universitário**: a escola médica em questão. São Paulo: NUPES/USP, 1997. (Documento de Trabalho 3/97). Disponível em: <http://nupps.usp.br/downloads/docs/dt9703.pdf>. Acessado em: 21 jan. 2019.

SOUZA, H. A.; RODRIGUES, E. F.; TRIBESS, A. A motivação dos estudantes de engenharia diante da atual conjuntura socio econômica brasileira. *In*: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia., 28, 2000, Ouro Preto. **Anais [...]**. Ouro Preto, 2000.

SILVA FILHO, Roberto Leal Lobo e et al. A evasão no ensino superior brasileiro. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, v. 37, n. 132, p. 641-659, 2007. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0100-15742007000300007&lng=en &nrm=iso>. Acessado em 21 jan. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-15742007000300007>.

TOSTA, M. C. R.; ABREU, L. C.; FORNACIARI, J. R. Por que eles desistem? Análise da Evasão no Curso de Engenharia de Produção, UFES, campus São Mateus. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO., 36, 2016, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa, 2016