PRÁTICA INTERDISCIPLINAR DE APRENDIZAGEM BASEADA NO PROJETO CONCEITUAL DE UMA CALDEIRA AQUATUBULAR

INTERDISCIPLINARY PRACTICE OF LEARNING BASED ON THE CONCEPTUAL DESIGN OF AN AQUATUBULAR BOILER

Gustavo Coser Monteiro Dias[I]
João Paulo Sachetto[II]
Rosamel Melita Muñoz Riofano[III]

RESUMO

No intuito de oferecer aos alunos do sexto semestre do curso de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Fatec de Sertãozinho, uma experiência prática nesta área, uma proposta interdisciplinar buscou o engajamento dos discentes na elaboração do projeto de um equipamento que viria a pertencer ao laboratório de práticas experimentais de manutenção. A fim de facilitar a comunicação entre docentes e discentes, o acompanhamento pedagógico no desenvolvimento do projeto foi feito via Google Classroom, além do apoio presencial oferecido na própria faculdade. O projeto entregue ao término do 2° semestre de 2019 foi avaliado pelos docentes responsáveis pelas seis disciplinas participantes da prática interdisciplinar e a nota foi utilizada como segunda avaliação. A dedicação e empenho por parte dos estudantes foi notável, o que refletiu nos desempenhos individual e coletivo, além dos índices de aprovação em cada disciplina envolvida.

Palavras-chave: Interdisciplinar. Engajamento. Caldeira, Prática Experimental. Google classroom.

ABSTRACT

In order to offer students in the sixth semester of the Industrial Maintenance Technology course, from Fatec of Sertãozinho, a practical experience in this area, an interdisciplinary proposal sought to engage students in preparing the design of equipment that would eventually belong to the laboratory of experimental maintenance practices. To facilitate communication between teachers and students, the pedagogical accompaniment in the development of the project was done via Google Classroom, in addition to the face-to-face support offered at the college premises. The project delivered at the end of the 2nd semester of 2019 was evaluated by the professors responsible for the six disciplines participating in the interdisciplinary practice and the grade was used as a second evaluation. The dedication and commitment on the part of the students was remarkable, which reflected in the individual and collective performances, beyond the approval rates in each discipline involved.

Keywords: Interdisciplinary. Engagement. Boiler. Experimental Practice. Google Classroom.

[I] Prof. Me. da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec--Sertãozinho) – São Paulo – Brasil. E-mail: gustavo.dias10@fatec.sp.gov.br
[II] Prof. Esp. da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec--Sertãozinho) – São Paulo – Brasil. E-mail: joao.sachetto@fatec.sp.gov.br
[III] Profa. Dra. da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Sertãozinho) – São Paulo – Brasil. E-mail: rosamel.riofano@fatec.sp.gov.br

Data de submissão do artigo: 05/09/2020
Data de aprovação do artigo: 05/11/2020
DOI: 10.33635/sitefa.v3i1.120

1 INTRODUÇÃO

Práticas interdisciplinares são aplicadas no ensino e na pesquisa desde há muito tempo. Huutoniemi *et al* (2010), na busca pelo entendimento do modo como o conceito de interdisciplinaridade é empregado nas práticas de pesquisa, identificaram trabalhos publicados desde 1972. Sobral e Campos (2012), por sua vez, identificaram nos últimos 20 anos de práticas de ensino de enfermagem, quatro trabalhos realizados que adotaram a interdisciplinaridade como a característica da metodologia ativa empregada no ensino, ou como suporte à esta.

O presente trabalho foi motivado pela inexistência de um laboratório específico para práticas de manutenção em equipamentos ditos "máquinas térmicas" e pelo grande número de empresas atuantes do ramo sucroenergético na região em que a Instituição de Ensino Superior (IES) está instalada. Os docentes responsáveis por ministrarem as disciplinas oferecidas ao último semestre do curso de Tecnologia em Manutenção Industrial, na Fatec Deputado Waldyr Alceu Trigo (Fatec Sertãozinho), reuniram-se e propuseram aos alunos a oportunidade de desenvolverem o projeto de um equipamento que viria a compor o futuro laboratório de práticas experimentais em manutenção industrial.

A prática foi proposta no segundo semestre de 2019 e as disciplinas oferecidas que se integraram para o desenvolvimento deste trabalho foram: "Análise de Falhas, Gerenciamento e Conservação de Energia, Manutenção Centrada em Confiabilidade, Manutenção Industrial, Manutenção de Máquinas Térmicas e Tópicos Especiais em Manutenção VI.

Engajados pela possibilidade de trabalharem em benefício da IES e de poderem auxiliar os colegas de turmas subsequentes à deles, os alunos se dedicaram à prática proposta. Como incentivo extra aos alunos, os docentes participantes optaram por adotar uma única avaliação conjunta ao projeto entregue e utilizá-la como nota do segundo bimestre. Devido à atividade prática ter sido proposta somente ao término do primeiro bimestre, do semestre em questão, as primeiras avaliações das seis disciplinas já tinham sido realizadas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O uso de metodologias ativas e ferramentas digitais, como o Google Classroom, procura estabelecer a relação entre educação e tecnologias, dando foco à socialização da inovação, contribuindo para a consolidação do aprendizado e proporcionando ações coletivas. Do ponto de vista pedagógico tornam-se principalmente interessante para trabalhos que envolvem o desenvolvimento de projetos, como o proposto nesta atividade interdisciplinar. Tão importante quanto as tecnologias e os procedimentos pedagógicos modernos são a capacidade de adequação do processo educacional aos objetivos que levam as pessoas ao desafio de aprender (KENSKI, 2012, p. 44).

O filósofo americano John Dewey (1859 – 1952), em 1900, comprovou o "aprender durante o fazer", por meio do desenvolvimento da metodologia da aprendizagem baseada em projetos (PBL). Esta metodologia visa a valorização, o questionamento e a contextualização das habilidades de pensar dos alunos numa forma gradativa de aquisição de um conhecimento relativo para resolver situações reais em projetos referentes aos conteúdos na área de estudos.

O Construtivismo explica que indivíduos constroem o conhecimento por meio das interações com seu ambiente, e a construção do conhecimento de cada indivíduo é particular, consolidando-se por meio da condução de pesquisas, diálogos ou atividades, a partir de uma base já existente (MARKHAM *et al*, 2008).

PBL é uma ferramenta de ensino e aprendizagem do século XXI. Esta técnica exige que o professor reflita sobre sua postura como detentor e disseminador do conhecimento, de modo que consiga proporcionar ao aluno situações de aprendizagem que exija deste, maior responsabilidade sobre a própria aprendizagem. Essa técnica oferece uma visão clara de que o conhecimento obtido de forma ativa será mais efetivo em comparação com aqueles obtidos de forma passiva (CAMPOS,2011).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A problemática e a solução sugerida encaminham os docentes a adotarem uma prática baseada em projeto, semelhante ao *Project Based Learning (PBL),* porém, com características interdisciplinares. A reunião de alguns conhecimentos técnicos, que tradicionalmente eram abordados nas disciplinas de maneira isolada, evidenciou aos alunos o viés inclusivo do projeto. Apesar de somente seis disciplinas terem sido abarcadas pela proposta, o desenvolvimento desta obrigou os alunos retomarem conceitos aos quais tiveram contato em disciplinas anteriores e, até mesmo, de buscarem por conhecimento de áreas não exploradas pela grade de disciplinas do curso.

A proposta do trabalho pautou-se na entrega, por meio de uma apresentação ao final do semestre, do projeto conceitual de uma caldeira. Este projeto deveria estar detalhado o bastante para que pudesse ser executado no semestre seguinte, pelos futuros alunos do sexto semestre. A apresentação ocorreria em um dia da semana que todos os docentes envolvidos pudessem estar presentes para prestigiar e avaliar a entrega. Apesar da exigência de uma apresentação, a avaliação dos alunos por parte dos docentes ocorreu ao longo das semanas que se sucederam entre o recebimento da proposta e a apresentação do projeto conceitual finalizado.

No momento da revelação da proposta os alunos receberam um documento contendo os requisitos do projeto, como a demanda de vapor e o tipo de combustível a ser queimado e os itens de segurança necessários ao funcionamento desta.

Como requisito para o preenchimento das funções de gerente e coordenadores os candidatos precisariam, necessariamente, estar matriculados e frequentando as aulas das seis disciplinas. Essa exigência restringiu o número de alunos a 11 candidatos elegíveis. A escolha do gerente e dos coordenadores partiu dos próprios alunos e tal configuração foi mantida até a entrega do projeto.

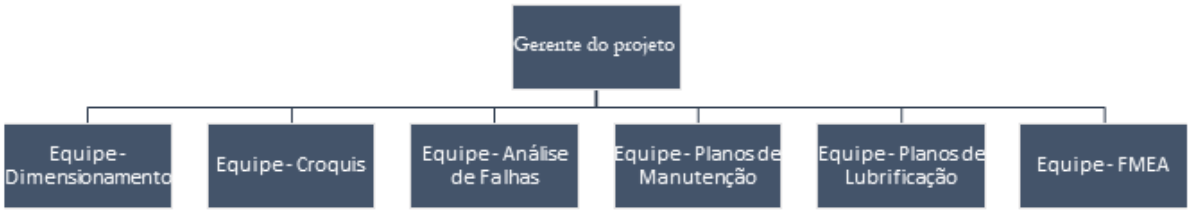
Toda metodologia trabalhada com os alunos no projeto teve como base, além do aprendizado tecnológico, a preocupação dos docentes em prepará-los para atuação em equipes, sendo essa uma competência pessoal muito desejada pelas empresas nos profissionais, especialmente aqueles com formação superior especializada, como é o caso da manutenção industrial. Por esta ser uma área tecnológica onde os relacionamentos organizacionais são intensos, haja vista que as paradas produtivas de alguma forma são indesejáveis dentro das corporações, competências profissionais inerentes a essa área podem determinar o sucesso do setor de manutenção industrial.

3.1 Objetivo da aula e competência desenvolvida

Devido ao pouco tempo disponível para a elaboração do projeto (1 bimestre) os docentes solicitaram aos alunos que entregassem ao final do semestre o projeto conceitual de uma caldeira para aplicação em laboratório de ensino.

Para entregarem tal demanda, os alunos organizaram-se aos moldes de uma empresa, de modo que escolheram um gerente, o qual ficou responsável por todo o projeto, e seis equipes, as quais estavam, cada uma sob a supervisão de um coordenador. O organograma definido é apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Organograma



Fonte: autores (2020)

O formato organizacional proposto buscou, além da óbvia capacidade dos alunos em desenvolverem o projeto do equipamento desejado e, portanto, a competência técnica acerca do objeto de estudo, algumas competências socioemocionais, uma vez que teriam que lidar com subordinação, prazos e funções - assim como fariam em uma empresa. A análise dos critérios de avaliação empregados no projeto e que serão oferecidos mais a frente pela Tabela 1 permitirá constatar a necessidade dos alunos em desenvolverem, além das competências técnicas, as socioemocionais.

3.3 Desenvolvimento da metodologia

Durante a elaboração de qualquer projeto conceitual de um equipamento algumas etapas de verificação são importantes, a citar: dimensões, nível de tecnologia embarcada, acesso à manutenção e oportunidades de melhoria. De modo a incluir essas preocupações ao desenvolvimento do projeto conceitual da caldeira e de associá-las às disciplinas relacionadas e, também, a fim de oferecer aos docentes subsídio para o acompanhamento e avaliação do trabalho, foi proposta a criação de 6 equipes, as quais estariam basicamente associadas a uma disciplina.

A fim de responder ao questionamento de qual o espaço físico necessário para comportar a caldeira projetada foram solicitados, como parte fundamental do trabalho interdisciplinar, os croquis do equipamento. Esses desenhos deveriam contemplar a disposição interna dos subconjuntos e os acessórios externos. Para essa prática os alunos precisaram retomar os conhecimentos adquiridos, como, por exemplo, nas disciplinas de desenho técnico e elementos de máquinas, as quais foram cursadas em semestres anteriores ao sexto.

O dimensionamento do equipamento exigiu dos alunos conhecimentos trabalhados e adquiridos em disciplinas, como, por exemplo, resistência dos materiais, ciência dos materiais e mecânica dos fluidos, cursadas em semestres precedentes ao sexto. A realização do dimensionamento da caldeira tinha como objetivo responder ao questionamento de qual o

nível de tecnologia embarcada no equipamento, haja vista esta era a etapa responsável pela escolha dos materiais componentes da estrutura externa da caldeira, dos tubos de condução, dos queimadores, do isolamento térmico, dos componentes de segurança etc.

A disciplina de análise de falhas ofereceu aos "projetistas" a oportunidade de buscarem no mercado de trabalho um estudo de caso de falha operacional em caldeiras. Esta busca propiciou à equipe responsável, sugerir ao restante do grupo de trabalho a mudança em alguns parâmetros de projeto, como, por exemplo, o tipo de bomba escolhida e quais técnicas de manutenção seriam mais apropriadas ao equipamento. Para desempenharem esta atividade foi necessário recorrerem aos conhecimentos de disciplinas como, por exemplo, ensaios não destrutivos, tratamentos térmicos, ensaios mecânicos e ciência dos materiais.

Junto da análise de falhas e, também no propósito de evidenciar as oportunidades de melhorias, o uso da ferramenta *Failure Mode Effectiveness Analysis (FMEA)* permitiu aos projetistas assegurarem-se das decisões tomadas para pelo menos 20 itens de projeto, como, por exemplo, o tipo de bomba utilizada para o abastecimento de água na caldeira, qual o tipo de acionamento empregado para a partida da bomba, a utilização de sensores de temperatura dentro da fornalha, entre outros. Para a realização desta atividade os alunos necessitaram dos conhecimentos de diversas áreas, inclusive da experiência prática de cada integrante. Como etapa inicial e primordial da elaboração da FMEA pode-se destacar o *Brainstorm*, em que toda sugestão é bem-vinda.

A modalidade de *brainstorm* tem sido empregada em cursos atuais de medicina, os quais a utilizam como ferramenta inicial à construção de diagnósticos de problemas reais que são oferecidos aos estudantes dentro das Unidades de Prática Profissional (UPP) (FRANCISCO *et al*., 2015). Nesta ocasião o *brainstorm* foi empregado para buscar possíveis soluções (diagnóstico) a um problema real (patologia), semelhante à problemática do desenvolvimento da caldeira.

Os planos de manutenção e de lubrificação buscaram responder à preocupação quanto aos acessos para a manutenção e, ao nível de tecnologia embarcada no equipamento. Disciplinas como, por exemplo, processos de fabricação, mecânica dos fluidos, ciência dos materiais e elementos de máquinas ofereceram, em semestres anteriores, conhecimentos fundamentais aos alunos quanto às práticas de manutenção.

3.4 Avaliação da aprendizagem

A Tabela 1 traz a relação de critérios e os respectivos percentuais considerados na avaliação geral do projeto. Dentre os onze critérios de avaliação propostos, apenas um deles pontuava a participação individual de cada membro da equipe. Esta avaliação em específico deu-se por quatro vias: 20% avaliação do superior imediato (coordenador), 12% avaliação do gerente, 8% autoavaliação e 60% avaliação dos docentes. No caso dos coordenadores, os 20% foram relativos à avaliação dos subordinados e, para o gerente, os 12% a ele atribuídos vieram do nível operacional e os 20% vieram dos coordenadores. As demais variáveis permaneceram iguais às supracitadas.

As avaliações realizadas entre os alunos (integrantes das equipes) foram realizadas de modo virtual por meio de formulários on-line e foram aplicadas duas vezes. A primeira aplicação deu-se após transcorridas três semanas do início do projeto e a segunda, e última, na antevéspera da apresentação final.

Os 60% de peso na avaliação individual, provenientes dos docentes foram igualmente divididos entre estes. As seis disciplinas envolvidas na prática interdisciplinar aqui detalhada

estavam sob a responsabilidade de três docentes, portanto, cada um responsabilizou-se por 20% da avaliação individual dos integrantes da equipe do projeto da caldeira.

Um importante critério que obrigou o engajamento da equipe foi o de pontualidade, que media a capacidade dos alunos em trabalharem em equipe e de atenderem às solicitações semanais. Ao menos uma vez por semana a equipe tinha uma entrega a ser realizada, para a qual existia data e horário limite. Mesmo que a entrega ficasse comprometida devido a apenas uma das coordenações, a equipe toda era penalizada. A rigidez na cobrança dos prazos fez com que os alunos entendessem a real importância de se unirem e se engajarem.

Tabela 1 – Critérios de avaliação

Critério	Pontuação
Pontualidade na entrega	5 %
Participação coletiva durante a apresentação	5 %
Participação coletiva durante desenvolvimento	5 %
Qualidade dos documentos entregues, incluindo a apresentação	10 %
Exatidão no dimensionamento do equipamento	7,5 %
Qualidade técnica dos procedimentos de manutenção e aplicabilidade	10 %
Qualidade técnica do plano de lubrificação e aplicabilidade	10 %
Participação individual	20 %
Qualidade técnica da FMEA	7,5 %
Qualidade técnica do relatório de análise de falhas	17,5 %
Qualidade dos croquis	2,5 %

Fonte: autores (2020)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultados obtidos a partir da aplicação desta prática interdisciplinar com origem no PBL, pode-se citar, principalmente, o engajamento dos alunos em desenvolverem o melhor projeto que conseguiriam em 5 semanas. De mesmo modo, o entrosamento da equipe, adquirido durante os ensaios para a apresentação final do projeto (Figura 2), que ficou nítido durante a realização dessa última atividade.

Como consequência dessa dedicação coletiva às atividades propostas, os dois critérios nos quais os alunos foram melhores avaliados foram, justamente, a participação coletiva durante a apresentação e a participação coletiva durante o desenvolvimento do projeto. As médias obtidas pela equipe nesses critérios foram superiores às médias dos demais critérios em, respectivamente, 81% e 40%.

Com exceção do único aluno que abandonou o projeto (3% de evasão), todos os participantes obtiveram notas acima do mínimo determinado pela IES (6,0). Em termos de desempenho coletivo em uma avaliação, para as seis disciplinas, foi a primeira vez, na história do curso de Manutenção Industrial, que 100% dos alunos, matriculados nas disciplinas do último semestre, envolvidos na atividade, atingiram notas iguais ou superiores à nota de corte.

Naturalmente, o desenvolvimento do presente trabalho ofereceu um material técnico de qualidade aos alunos que farão uso do projeto conceitual na fabricação do modelo físico da caldeira. Este será o primeiro equipamento a compor o laboratório de práticas experimentais em manutenção industrial da Fatec Sertãozinho.

Figura 2 – Apresentação final do projeto



Fonte: autores (2020)

Outra evidência positiva constatada pelos docentes durante o desenvolvimento e no dia da apresentação final (Figura 2) foi a evolução dos alunos na capacidade de articular pensamentos técnicos por meio da oralidade. Todos os participantes, desde o gerente, passando pelos coordenadores e respectivos subordinados, adquiriram notória capacidade de expressão na linguagem técnica, conseguindo articular sobre as soluções encontradas aos desafios e na forma de expressá-las corretamente dentro do vernáculo compatível com estudantes, quase egressos do ensino superior.

4.2 Dificuldades encontradas

Como principais dificuldades encontradas ao longo do desenvolvimento deste trabalho podem-se, com certeza, destacar a existência de alunos matriculados em apenas uma ou duas das seis disciplinas, o que obrigou a criação de uma estratégia diferenciada de gestão por parte dos docentes e do gerente do projeto, na qual a ferramenta Google Classroom foi inserida.

A questão "tempo" foi tratada semanalmente como uma variável de dificuldade constantemente presente. Haja vista o curto prazo estabelecido pelos docentes, desde a entrega da proposta até a entrega final no formato de uma apresentação (5 semanas), algumas exigências comuns a projetos foram execradas, como, por exemplo, a entrega de relatórios parciais

O fato de a grande maioria dos alunos conciliarem atividades profissionais em empresas da região de Sertãozinho com o curso de graduação foi um grande desafio para muitos, pois os colocavam numa rotina intensa de compromissos. Naturalmente, atividades da magnitude desta aqui relatada este fato elevam o grau de dificuldade no conciliar essa rotina, o que de fato ocorreu, visto que muitas pesquisas e atividades correlatas ao projeto foram realizadas fora do ambiente acadêmico, inclusive aos finais de semana, provocando evidente desgaste físico e mental nos alunos. Além da orientação acadêmica, os docentes, por vezes, atuavam como orientadores psicológicos, incentivando-os a empregarem um pouco mais de dedicação ao trabalho para que o projeto fosse finalizado com sucesso.

Como quarta dificuldade pode-se citar o entendimento, por parte dos alunos, do conceito de equipe. A autoavaliação e a avaliação entre colegas e gestores foi realizada duas vezes. Na primeira aplicação houve coleguismo, o que colocou em xeque a confiabilidade da ferramenta, a qual pode ser garantida após um feedback dos docentes com as equipes. A eficácia desta manobra pode ser percebida na segunda aplicação das avaliações on-line.

Por fim, dentro da dificuldade de enxergarem-se com uma equipe, pode-se citar a primeira ocorrência de penalidade da equipe por atrasos na entrega por parte de uma ou outra coordenação. Esta ação gerou desconforto e alguns conflitos entre os integrantes, o que já era esperado e que faz parte de qualquer atividade de gestão de equipes. Contudo, a falta de experiência do gerente do projeto com esse tipo de situação obrigou os docentes intervirem e auxiliarem no entendimento entre as partes envolvidas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O emprego da tecnologia digital na proposta de desenvolvimento do projeto da caldeira proporcionou aos docentes das disciplinas envolvidas a reflexão sobre a própria postura em relação às ferramentas e estratégias de ensino. Principalmente, tal prática propiciou aos docentes avaliarem os estudantes dentro de uma proposta pedagógica mais ativa. Ao utilizarem as tecnologias digitais como instrumento de ensino, os docentes obtêm maior controle da evolução do aprendizado, atuando como mediadores constantemente, de modo a potencializarem o aproveitamento dos discentes como pesquisadores. Ao adotarem essa conduta, os discentes tornam-se capazes de proporem soluções a problemas reais e de elaborarem projetos de relativa magnitude, como o aqui apresentado. Essas práticas de projetos acabam inserindo os alunos num cenário que replica aquele encontrado em um ambiente industrial real, tornando-se extremamente vantajosa.

.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, L.C., **Aprendizagem Baseada em projetos: uma nova abordagem para a Educação em Engenharia**. In: COBENGE 2011, Blumenau, Santa Catarina, 3 a 6 out. 2011.

FRANCISCO, A**nete Maria et al. Percepção de Estudantes e Docentes sobre uma Unidade Educacional em curso de Medicina com Metodologia Ativa. Investigação Qualitativa em Educação,** [S. l.], v. 2, p. 214-219, 21 jul. 2015.

HUUTONIEMI, Katri; KLEIN, Julie Thompson; BRUUN, Henrik; HUKKINEN, Janne. **Analyzing interdisciplinarity: Typology and indicators. Research Policy**, [S. l.], v. 39, n. 1, p. 79-88, fev. 2010.

KENSKI, V. M. **Educação e Tecnologias: o novo ritmo da informação**. 8ª ed. Campinas, SP: Papirus, 2012

MARKHAM, T., LARMER, J., RAVITZ, J., **Aprendizagem Baseada em Projetos,** Artmed Editora S/A, Porto Alegre, 2008.

SOBRAL, Fernanda Ribeiro; CAMPOS, **Claudinei José Gomes. Utilização de metodologia ativa no ensino e assistência de enfermagem na produção nacional: revisão integrativa.** Revista da Escola de Enfermagem da USP, São Paulo, v. 46, n. 1, p. 208-218, fev. 2012.