

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**

Carlos Eduardo Nunes Medina Martinez

**Aplicação de metodologia de aprendizagem ativa em
disciplinas de cursos de graduação: estudo de caso em
duas disciplinas de cursos de engenharia**

São Carlos

2021

Carlos Eduardo Nunes Medina Martinez

Aplicação de metodologia de aprendizagem ativa em disciplinas de cursos de graduação: estudo de caso em duas disciplinas de cursos de engenharia

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências - Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental.

Área de concentração: Ciências da Engenharia Ambiental

Orientador: Dr. Renato Billia de Miranda

Versão corrigida

**São Carlos
2021**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

M385a Martinez, Carlos Eduardo Nunes Medina
 Aplicação de metodologia de aprendizagem ativa em
disciplinas de cursos de graduação: estudo de caso em
duas disciplinas de cursos de engenharia / Carlos
Eduardo Nunes Medina Martinez; orientador Renato Billia
de Miranda. São Carlos, 2021.

 Dissertação (Mestrado) - Programa de
Pós-Graduação e Área de Concentração em Ciências da
Engenharia Ambiental -- Escola de Engenharia de São
Carlos da Universidade de São Paulo, 2021.

 1. Aprendizagem. 2. Engenharia. 3. Rubrica. I.
Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **CARLOS EDUARDO NUNES MEDINA MARTINEZ**.

Título da dissertação: "Aplicação de metodologia de aprendizagem ativa em disciplinas de cursos de graduação: estudo de caso em duas disciplinas de cursos de engenharia".

Data da defesa: 02/09/2021.

Comissão Julgadora

Resultado

Dr. **Renato Billia de Miranda**

(Orientador)

(Anhanguera Educacional)

APROVADO

Profa. Dra. **Liliane Lazzari Albertin**

(Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"/UNESP-Ilha Solteira)

APROVADO

Prof. Associado **José Carlos de Melo Vieira Júnior**

(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC-USP)

APROVADO

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental:

Prof. Associado **Frederico Fabio Mauad**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:

Prof. Titular **Murilo Araujo Romero**

*Este trabalho é dedicado à minha noiva Verônica
e aos meus pais Carlos e Rosa,
sem os quais não teria sido possível sua realização.*

AGRADECIMENTOS

À minha noiva Verônica Alexandre da Silva, pelo apoio incondicional, por sua presença constante não importando se estávamos perto ou longe, nos momentos bons e ruins, nas conquistas e nos inúmeros desafios. Todos os meus trabalhos e projetos não teriam sido possíveis sem o esforço e a dedicação dela.

Ao Prof. Assoc. Frederico Fábio Mauad pela confiança, apoio, ensinamentos, e oportunidades oferecidas nos últimos seis anos indo da graduação, com a Iniciação Científica e o Estágio, até a pós-graduação, com as monitorias e projetos realizados em conjunto.

Ao meu orientador, Dr. Renato Billia de Miranda, pela orientação não só do trabalho como também na vida pessoal e profissional, fornecendo sempre direcionamento e conhecimento.

Aos meus pais, Carlos Medina Martinez e Rosa Cristina de Jesus Nunes Martinez, por terem me criado com respeito, me ensinado os valores que tenho hoje, por sempre me incentivarem nas minhas jornadas e por não deixarem eu desistir dos meus sonhos nos momentos mais difíceis.

À Camila Bermond Ruezzeno por ser uma companheira de trabalho, estudos e projetos de todos os tipos, além de uma grande amiga desde o momento que nos conhecemos.

Às minhas amigas Tainá Thomassim Guimarães e Gabriela Leite Neves pela ajuda constante em todo e qualquer projeto, nas coletas de campo de última hora, nas análises de laboratório que demandavam dias, na parceria de trabalhos e conversas, e por sempre estarem dispostas a ajudar.

Às minhas parceiras Angélica Ardengue de Araújo e Denise Parizotto e aos amigos Mariana Abibi Guimarães Araújo Barbosa, Allita Rezende dos Santos e Phelipe Anjinho do Núcleo de Hidrometria com os quais dividi momentos frustrantes e alegres durante toda a pós-graduação.

Ao Cláudio Bielenki Júnior que me ajudou inúmeras vezes, auxiliou em pesquisas e me ensinou sobre o ArcGIS.

Ao Waldomiro Antonio Filho pela sua paciência nas visitas de campo, pelos diversos ensinamentos de medição de vazão, batimetria, assoreamento e pelas viagens de barco no reservatório do Broa.

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, do Centro de Recursos Hídricos e Estudos Ambientais e da Comissão de Pós-Graduação da Escola de Engenharia de São Carlos que forneceram todo apoio e infraestrutura para que os trabalhos da Pós pudessem ser feitos.

Ao Michel Bessani e à Viviane Kim pelas conversas de final tarde no palquinho que sempre me motivaram, ajudaram a nortear esse trabalho e que, ao me convencerem a aprender Python, acabaram me levando a profissão que hoje exerço.

À Universidade de São Paulo pela minha formação tanto na graduação quanto na pós-graduação.

Ao Centro Acadêmico Armando de Salles Oliveira que me proporcionou um ano maravilhoso, com muitos desafios, que me fez crescer, me descobrir e a fazer o que eu amo.

Aos alunos de graduação da Engenharia Mecânica da turma de 2018 de Máquinas Hidráulicas e da Engenharia Elétrica da turma de 2019 de Aproveitamentos Hidrelétricos da USP São Carlos que serviram de motivação não só para este estudo mas também para minha melhoria constante como agente no processo de ensino e aprendizagem.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudo (130651/2018-4).

Ao povo brasileiro que financiou meu estudo gratuito através dos impostos pagos com dinheiro conquistado com muito trabalho.

A todos esses, meu sincero muito obrigado.

*“O futuro já está aqui -
só não está igualmente distribuído.”*

William Ford Gibson

RESUMO

MARTINEZ, C. E. N. M. **Aplicação de metodologia de aprendizagem ativa em disciplinas de cursos de graduação: estudo de caso em duas disciplinas de cursos de engenharia.** 2021. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.

O Brasil possui hoje 6358 cursos de engenharia em atividade, dos quais 821 são Engenharia Elétrica e 809 são Engenharia Mecânica. Como a energia hidrelétrica tem uma alta relevância na matriz energética brasileira, é de suma importância preparar profissionais capacitados que estejam aptos a resolver os mais diferentes tipos de problemas relacionados ao ciclo de vida da usina, indo do seu planejamento, execução, manutenção até sua operação. Como essa não é uma tarefa fácil, há vinte anos o Ministério da Educação já previa nas Diretrizes Curriculares Nacionais dos cursos de graduação de Engenharia que o aluno deveria desenvolver diversas habilidades e competências que incluíam saber trabalhar com novas tecnologias, ter pensamento crítico, ser criativo, ter visão holística e ter um papel ativo no seu processo de aprendizagem. Infelizmente, não houve tanto avanço no último ponto, o que é evidenciado pelo ensino clássico ainda predominante nas instituições e na reafirmação das novas Diretrizes Curriculares Nacionais de reforçar e nortear a função do discente como agente ativo além de também aprender a aprender, principalmente por conta de ferramentas computacionais estarem evoluindo rapidamente. Como forma de tornar o ensino mais atraente e de fazer com que o aluno fique à frente do seu processo de aprendizagem, foram testadas diferentes ferramentas e abordagens nas disciplinas de Aproveitamentos Hidrelétricos e de Máquinas Hidráulicas dos cursos de graduação de engenharia elétrica e mecânica como correções céleres, *feedbacks* constantes, projetos e atividades que os discentes deveriam agir de forma mais independente, utilização de ferramentas computacionais em sala de aula e diversas formas de avaliações, que incluíam a clássica prova escrita, a participação em sala de aula, apresentações orais e trabalho em grupo. A aplicação dessas metodologias trouxe *feedbacks* importantes dos alunos que avaliaram as disciplinas positivamente e disseram que o trabalho teve um impacto positivo na sua aprendizagem. Tais experimentos resultaram em uma proposta de reestruturação da disciplina de graduação Aproveitamentos Hidrelétricos com a utilização de aprendizagem baseada em problemas, com um novo plano de ensino da disciplina que contém um calendário de atividades, aulas separadas em atividades ora focadas no professor, ora focada nos alunos, rubricas para correção e norteamto dos alunos, *feedbacks* tanto para os discentes quanto para o docente e a utilização de uma ferramenta computacional.

Palavras-chave: Aprendizagem. Engenharia. Rubrica. Aprendizagem baseada em problema.

ABSTRACT

MARTINEZ, C. E. N. M. **Active learning methodologies applied in undergraduate courses: case study in two engineering classes.** 2021. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.

Brazil has 6358 actives undergraduate engineering majors, which 821 are Electrical Engineering and 809 are Mechanical Engineering. As hydroelectric energy is highly relevant in the energy matrix, it is important to prepare capable professionals that are able to figure out several kinds of problems related to the whole life cycle of the power plant, which includes its planning, execution, maintenance and operation. Being no easy feat, twenty years ago the Ministry of Education had already said in its National Engineering Educational Guidelines that the engineering student should develop several skills and competencies during the undergraduate program such as knowing how to work with new technologies, have critical thinking, be creative, have holistic vision and have an active role in his learning process. Unfortunately, there has not been much progress in the last item, which is noted by the traditional educational methods being prevalent in institutions and the new National Engineering Educational Guidelines that reinforces the student job as an active agent and to learn how to learn, mostly because computation tools are evolving rapidly. In an attempt to turn the teaching process more appealing and to make the students more proactive towards their learning process, several different tools and approaches were tested in the Hydroelectric Powerplants and Hydraulic Machines, undergraduate courses for electrical and mechanical engineering major, such as quick correction, constant feedback, projects and assignments that made the student act more independent, using computational tools in the classroom and having several assessment methods, including the classic written test, classroom participation, oral presentations and group assignments. Such experiments resulted in a remodeling proposition of the undergraduate course hydroelectric power plants using problem based learning that has a new teaching plan, a course calendar for every kind of activity, classes that are divided in either focus on the teacher or the students, rubrics that are used both for grading and for helping students, feedback for students and teacher, and use of a computational tool.

Keywords: Learning. Engineering. Rubric. Problem based learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Número de cursos de graduação presencial por ano na rede federal, estadual, municipal e privada	27
Figura 2 – Número de ingressantes no ensino superior presencial por ano	28
Figura 3 – Número de estabelecimentos de ensino superior nos anos 2010 a 2018	28
Figura 4 – Número de docentes do ensino superior nos anos de 2010 a 2018	29
Figura 5 – Dois passos num loop completo A. o professor faz uma pergunta ao aluno B. o aluno responde. O loop é completo da perspectiva do professor	40
Figura 6 – A mesma interação através da perspectiva do aluno. O loop não está completo	41
Figura 7 – Setor elétrico do país com foco nos aproveitamentos hidroenergéticos	58
Figura 8 – Modelagem da vazão considerando reservatórios	58
Figura 9 – <i>Distribuição das notas finais da disciplina Máquinas Hidráulicas</i>	62
Figura 10 – <i>Distribuição das notas finais da disciplina Aproveitamentos Hidrelétricos</i>	63
Figura 11 – <i>Fluid, Pressure and Flow</i>	64
Figura 12 – <i>Premiação das melhores avaliações no primeiro semestre de 2019 da Engenharia Elétrica. Na fileira de cima, segunda pessoa da esquerda para à direita, o professor Frederico Fábio Mauad, responsável pela disciplina Aproveitamentos Hidrelétricos</i>	66
Figura 13 – Ementa da disciplina SHS0115 - Aproveitamentos Hidrelétricos antes da sua reformulação.	91
Figura 14 – Ementa da disciplina SHS0115 - Aproveitamentos Hidrelétricos depois de sua reformulação	92
Figura 15 – Ementa da disciplina SHS0103 - Máquinas Hidráulicas	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Compilado das respostas dos alunos da Engenharia Mecânica da disciplina de Máquinas Hidráulicas	67
Tabela 2 – Compilado das respostas dos alunos da Engenharia Elétrica da disciplina de Aproveitamentos Hidrelétricos	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Exemplo de rubrica	39
Quadro 2 – Elementos fundamentais do PBL	47
Quadro 3 – Divisão do período em sala de aula	49
Quadro 4 – Características de uma boa rubrica	54
Quadro 5 – Cronograma do semestre letivo	80
Quadro 6 – Rubrica para correção do projeto	83
Quadro 7 – Rubrica para correção de prova - questões dissertativas	84
Quadro 8 – Rubrica para correção de prova - questões de cálculo	85
Quadro 9 – Rubrica para avaliação do desempenho em sala de aula - individual e em grupo	86
Quadro 10 – Rubrica para apresentação - avaliação individual	88
Quadro 11 – Rubrica para apresentação - avaliação do material e do conteúdo	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAV	Cota-área-volume
CGH	Central Geradora Elétrica
CoC-EE	Comissão Coordenadora do Curso de Engenharia Elétrica
COPPE	Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DCNs	Diretrizes Curriculares Nacionais
EESC	Escola de Engenharia de São Carlos
FIES	Fundo de Financiamento Estudantil
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGI	Índice Global de Inovação
IMP	Inserção de Malha de Pontos
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
ITA	Instituto Tecnológico da Aeronáutica
MW	Megawatt
PAE	Programa de Aperfeiçoamento de Ensino
PBL	<i>Problem Based Learning</i>
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PPP	Projeto Político Pedagógico
Prouni	Programa Universidade para Todos
PUC	Pontifícia Universidade Católica
SAMECA	Secretaria Acadêmica da Engenharia Mecânica
SA-SEL	Secretaria Acadêmica da Engenharia Elétrica
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIN	Sistema Interligado Nacional

SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
TDICs	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UHE	Usina Hidrelétrica
UNE	União Nacional dos Estudantes
USP	Universidade de São Paulo
VBA	<i>Visual Basic for Applications</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

MF	Média final
NPv	Nota da prova
NS	Nota do desempenho em sala de aula
NPj	Nota do projeto
NAp	Nota da apresentação do projeto

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
2	OBJETIVOS	23
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
3.1	O ensino superior	24
3.2	Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação de Engenharia	29
3.3	Metodologias ativas de aprendizagem	31
3.4	PBL - Aprendizagem baseada em problemas	34
3.5	Fundamentos da Aprendizagem Baseada em Problemas	36
3.6	Metodologia de avaliação e acompanhamento: Rubricas e <i>feedback</i>	38
3.7	Softwares, linguagens de programação e ferramentas computacionais	42
3.7.1	SIG e ArcGIS	42
3.7.2	Python	42
3.7.3	Exemplos de ferramentas computacionais para estudos hídricos	43
3.8	Curso de Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia e Automação	44
4	MATERIAIS E MÉTODOS	46
4.1	Introdução	46
4.2	PBL na disciplina de graduação	47
4.3	Avaliação	48
4.3.1	Cálculo da Média Final	50
4.3.2	Projeto	50
4.3.3	Prova	52
4.3.4	Desempenho em sala de aula	52
4.3.5	Apresentação do projeto	53
4.4	Rubricas	53
4.5	<i>Feedback</i>	54
4.6	Ementa	55
4.7	Monitor	56
4.8	Ferramenta computacional e coleta de dados	57
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
5.1	Avaliação	59
5.2	Desempenho dos alunos	61

5.3	Ferramenta computacional	63
5.4	Monitor	65
5.5	<i>Feedbacks</i> dos alunos	65
6	CONCLUSÃO	69
7	RECOMENDAÇÕES	70
	REFERÊNCIAS	71
	APÊNDICES	79
	APÊNDICE A – CRONOGRAMA DO SEMESTRE LETIVO	80
	APÊNDICE B – ROTEIRO PARA A ELABORAÇÃO DO PROJETO	82
	APÊNDICE C – RUBRICA PARA CORREÇÃO DO PROJETO	83
	APÊNDICE D – RUBRICA PARA CORREÇÃO DE PROVA - QUES- TÕES DISSERTATIVAS	84
	APÊNDICE E – RUBRICA PARA CORREÇÃO DE PROVA - QUES- TÕES DE CÁLCULO	85
	APÊNDICE F – RUBRICA PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPE- NHO EM SALA DE AULA - INDIVIDUAL E EM GRUPO	86
	APÊNDICE G – ROTEIRO PARA A APRESENTAÇÃO DO PRO- JETO	87
	APÊNDICE H – RUBRICA PARA CORREÇÃO DA APRESENTA- ÇÃO - AVALIAÇÃO INDIVIDUAL	88
	APÊNDICE I – RUBRICA PARA CORREÇÃO DA APRESENTA- ÇÃO - AVALIAÇÃO DO MATERIAL E DO CON- TEÚDO	89

ANEXOS	90
ANEXO A – EMENTA DA DISCIPLINA SHS0115 - APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS ANTES DA SUA REFORMULAÇÃO	91
ANEXO B – EMENTA DA DISCIPLINA SHS0115 - APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS DEPOIS DE SUA REFORMULAÇÃO	92
ANEXO C – EMENTA DA DISCIPLINA SHS0103 - MÁQUINAS HIDRÁULICAS	93

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica se tornou imprescindível no mundo moderno, a ponto da sua ausência, mesmo que por um curto período, tenha um forte impacto tanto no bem estar social quanto na economia.

Como as usinas hidrelétricas dependem das características geográficas do local para que haja tanto desnível quanto disponibilidade hídrica para sua operação, pode ser necessário que sejam construídas longe do local que a energia será consumida. Num país de dimensões continentais como o Brasil, tal feito só é possível ser realizado em quase todo o território devido ao Sistema Interligado Nacional (SIN). O SIN está presente em todas as regiões do país e permite que os empreendimentos geradores conectados ao sistema abasteçam regiões distantes, como é o caso de parte da energia elétrica que é gerada em Itaipu em Foz do Iguaçu, Paraná, que é consumida no estado de São Paulo. Além de possibilitar que mais regiões usufruam do aproveitamento do potencial hidrelétrico, no caso de condições hidrológicas desfavoráveis, o sistema também permite o acionamento de usinas termelétricas, possibilitando maior segurança e confiabilidade.

No Brasil, nota-se um grande crescimento de unidades geradoras. Em 2003, o Brasil possuía cerca de 91.170 Megawatts (MW) de potência instalada; em 2007, ultrapassou 100.000 MW; em 2021, conta com cerca de 176.380 MW e pretende adicionar mais de 50.000 MW nos próximos anos, praticamente dobrando o valor disponível em menos de 20 anos (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, 2005; 2008; 2021).

Dentre os empreendimentos em operação, quase dois terços da potência disponível são oriundas de fontes hidráulicas: 58,41% são de Usinas Hidrelétricas (UHE, com mais de 30 MW), 3,11% são de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH, entre 1,1 MW e 30 MW) e 0,48% são de Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH, até 1 MW) (ANEEL, 2021). Mesmo sendo alta a sua participação na matriz energética, os aproveitamentos hidrelétricos ainda tem espaço para crescimento no país uma vez que, até 2007, menos de 30% do potencial foi aproveitado (ANEEL, 2008).

Um elemento característico de muitos aproveitamentos hidrelétricos são os reservatórios, grandes acúmulos de água criados pelo represamento de corpos hídricos. Os reservatórios e as represas, além de terem usos na geração de energia elétrica como o aumento do desnível da queda d'água e a regulação da vazão, também tem diversos outros propósitos como o abastecimento público, dessedentação de animais, irrigação, controles de cheias, entre outros. Só no Brasil, estavam cadastrados junto aos órgãos fiscalizadores de segurança de barragem 13.529 barramentos em 2011, enquanto em 2017 esse número chegou a 24.092 (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA, 2013; 2018).

Devido ao grande aumento do número de barragens, e conseqüentemente reservatórios, e à constante instalação de novos empreendimentos para geração de energia elétrica que possui uma participação expressiva dos aproveitamentos hidrelétricos, surge a necessidade de capacitar pessoas para que estas se tornem bons profissionais da área, como, por exemplo, engenheiros eletricitas e engenheiros mecânicos.

O Brasil possui hoje 6.358 cursos de engenharia em atividade, incluindo instituições públicas municipais, estaduais e federais, instituições privadas e especiais. Destes, 821 são de Engenharia Elétrica e 809 são de Engenharia Mecânica (BRASIL, 2021).

O modelo de ensino tradicional no qual o professor é o detentor das informações e o aluno é um mero receptor pode ser visto como entediante, alienante e maçante. Há 20 anos já se falava sobre o conceito de processo participativo no qual era previsto que os alunos de engenharia desempenhassem um papel ativo de construir o seu próprio conhecimento e experiência (BRASIL, 2001). Hoje, além de possuir uma formação técnica e científica, é esperado que o profissional saiba trabalhar com novas tecnologias, tenha pensamento crítico, seja criativo e tenha visão holística, habilidades difíceis de serem adquiridas quando o aluno participa somente de aulas expositivas e é requerido que ele simplesmente reproduza um conteúdo prévio.

De modo a contrapor o ensino tradicional, de considerar o aluno como agente ativo no seu processo de aprendizagem e de melhor oferecer aos discentes a possibilidade de desenvolver as características esperadas de um profissional, surge a metodologia de *Problem Based Learning* (PBL) ou, em português, Aprendizagem Baseada em Problemas. Nela, ao separar alunos em grupos e se utilizar de um problema como foco de estudo, os discentes compreendem as lacunas nos seus conhecimentos e desenvolvem práticas de pesquisa bem como o aprimoramento de habilidades interpessoais.

A participação ativa do aluno requer que o docente abandone práticas arcaicas através das quais basta apenas copiar, repetir respostas prontas, decorar e ouvir para aprender; participar ativamente significa envolver-se de tal modo que todos, professor e estudantes, estejam inteirados e comprometidos a com a modificação do ambiente educacional uma vez que esse processo não é fácil nem espontâneo, indo na contramão do *status quo* (SAUER et al., 2012).

Estudos mostram diversos pontos positivos de metodologias ativas como o PBL, tal como a mudança positiva de comportamento dos alunos, a melhoria de raciocínio e escrita, a maior retenção de conhecimento e mais motivação dos estudantes para estudar e aprimorar suas habilidades (BONWELL; EISON, 1991).

Além do PBL, outras ferramentas podem ser utilizadas para aprimorar o aprendizado, como rubricas e *feedbacks*. Estas, além de serem mais simples de serem aplicadas, podem ser utilizadas também no ensino tradicional e demonstraram bons resultados

quando aplicados em cursos de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP) nos anos de 2018 e 2019.

Portanto, com o intuito de formar mais completos e melhores profissionais, propõe-se a reestruturação da disciplina optativa de Aproveitamentos Hidrelétricos, geralmente oferecida aos alunos do sétimo período do curso de Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia e Automação da EESC USP, utilizando a metodologia PBL além de rubricas, *feedbacks* e outras ferramentas para auxiliar o processo de ensino e de aprendizagem.

2 OBJETIVOS

Os objetivos do trabalho foram divididos em geral, que norteou a realização desta pesquisa, e específicos, escopos menores alcançados ao longo da confecção do trabalho.

Objetivo geral

Reestruturar a disciplina de Aproveitamentos Hidrelétricos do curso de Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia e Automação da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo com foco na metodologia de aprendizagem baseada em problemas.

Objetivos específicos

- Preparar o plano de ensino da disciplina;
- Elaborar os roteiros das atividades e as rubricas para suas correções.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentada a história do ensino superior no mundo e no Brasil, um breve histórico do curso de engenharia elétrica da EESC, as diretrizes curriculares nacionais de engenharia, o que são metodologias ativas e aprendizagem baseada em problemas, o papel das rubricas e do *feedback* no processo de ensino e softwares, linguagens de programação e ferramentas computacionais no contexto da engenharia.

3.1 O ensino superior

A história do ensino superior, seja a nível nacional ou mundial, desde o seu surgimento traz grandes traços da internacionalização, estando presente com a criação das primeiras escolas europeias desde a Idade Média. As primeiras universidades foram fundadas na Itália e na França, em 1088 a Universidade de Bolonha e em 1170 a Universidade de Paris-Sorbonne, respectivamente (LUCCHESI, 2017).

As escolas de alta idade média do Continente Europeu desde os seus primórdios foram denominadas de “Universitas” e faziam parte do corpo docente e discente pessoas de diferentes regiões e países com o objetivo de obtenção de conhecimentos sobre o mundo e os povos. Nesse início, as universidades lecionavam em latim e os professores e estudantes não se estabeleciam em uma única universidade e a um currículo específico pois tinham a liberdade de iniciar o curso em uma universidade e continuar em outras, o que possibilitava o deslocamento entre diferentes estabelecimentos de ensino (STALLIVIERI, 2003).

Na Europa no século XVI, a universidade era um espaço de constante confronto e diálogo de experiências e culturas. A mobilidade entre as instituições foi de extrema importância para proporcionar propagação de ideias, inovações e descobertas, pois as fronteiras entre universidades e regiões não impedia a circulação das pessoas e existia validade universal dos diplomas (LAUS, 2012; SILVA; MARI, 2017).

Ainda nesse mesmo século, foram criadas diversas universidades em países como Peru, Colômbia, Bolívia, México e Argentina. Como tais países eram colônias espanholas, tiveram em suas instituições a presença de professores e pesquisadores europeus para a concretização do ensino superior (LAUS, 2012).

No final do século XVII com a expansão das universidades, Magalhães (2006) ressalta três tendências advindas dos modelos europeus: o modelo Alemão ou Prussiano tendo como principal foco com a criação e transmissão do conhecimento pela universidade; o modelo Francês ou Napoleônico tendo como objetivo a formação técnica profissionalizante devido à industrialização da época; e o modelo Anglo-Saxônico ou Newmeniano que, de forma semelhante ao anterior, visava a formação de especialistas para o mercado de

trabalho tendo vínculos nas Universidades de Cambridge e Oxford. Dessa forma tentava-se encontrar um equilíbrio entre ensino profissional e as atividades científicas.

A história das universidades no Brasil é bem recente quando comparada aos países da Europa, com 100 anos desde o seu início contra cerca de séculos de tradição e cultura na Europa. No início do século XX começava o ensino universitário no país, a mais tardia dos países da América Latina tendo sofrido fortes influências da colonização portuguesa com a chegada da família real. E também no Brasil havia grande relação dos modelos norte-americano e francês de ensino e pesquisa (SILVA; MARI, 2017).

Segundo Cacete (2014), de maneira elitizada, apenas à aristocracia rural eram destinados os títulos obtidos na universidade. A intenção era suprir as necessidades da época com pessoas preparadas na parte burocrática e na produção de bens e materiais simbólicos de consumo para atender a burocracia do Estado. Em estabelecimentos militares, por exemplo, foram instituídos inicialmente cursos de medicina e matemática. Estrategicamente, também foram criados cursos de engenharia militar e civil, sendo o primeiro com a intenção de resolver questões de estratégias bélicas e de armamento e o segundo por conta da relação da expansão cafeeira e sua necessidade do escoamento da produção através da expansão das rodovias e ferrovias.

Apenas no século XX, mais precisamente no ano de 1920, foi registrado no Brasil a primeira universidade que se localizava no Rio de Janeiro e fora criada pelo Governo Federal com autonomia didática e administrativa com os cursos de Medicina, Politécnica e Direito. No ano de 1927 foi instituída uma universidade em Minas Gerais com os cursos de Engenharia, Medicina, Direito, Farmácia e Odontologia (BATISA; KERBAUY, 2018).

No ano de 1931, o Governo Federal promulgou o Estatuto das Universidades (BRASIL, 1931) e o Conselho Nacional de Educação. Desta forma, a universidade deixava de ser vista apenas como uma organização de ensino e passava-se a constituir uma instituição que também promovia a ciência e a cultura. Dessa forma, a institucionalização do ensino superior no Brasil foi concretizada com a fundação da USP em 1934 com o Decreto 6.284 com a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, possibilitando nesse período uma nova fase do pensamento liberal na educação, dando lugar aos poucos ao liberalismo igualitarista (BATISA; KERBAUY, 2018). Desse modo, o crescimento da universidade pública foi iniciado entre os anos de 1934 e 1970.

No ano de 1961 foi fundado o programa de mestrado no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e em 1963 implantou-se a Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Também em 1963 deu-se início aos programas de mestrado da Pontifícia Universidade Católica (PUC) do Rio de Janeiro.

Ainda no início da década de 60, os movimentos estudantis liderados pela União

Nacional dos Estudantes (UNE) lutavam, dentro outras reivindicações, pela democratização do acesso ao ensino superior propondo uma ampliação no número de vagas e exames de vestibulares.

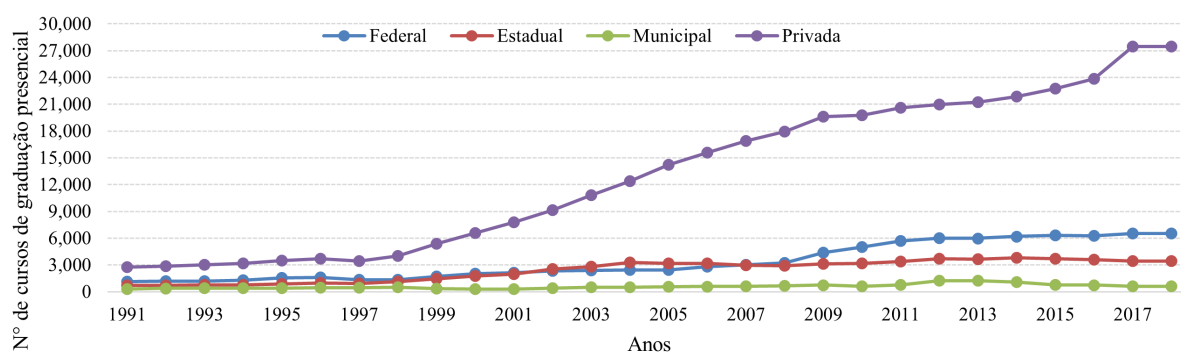
A partir de 1970, o aumento da quantidade de universidades estaduais fez com que as instituições de ensino superior particulares se popularizassem devido às poucas oportunidades que estudantes tinham em fazerem parte de universidades públicas (MARTINS, 2009). De acordo com Flores (2017), o número de matrículas em universidades públicas e privadas nos anos de 1964 a 2004 passou de 142.386 para 4.163.733, ou seja, aumentou em mais de vinte e nove vezes a demanda. Entretanto, nem sempre eram oferecidas vagas de igual qualidade ao se comparar instituições públicas de ensino com instituições privadas.

Em 1977 foi criado o primeiro programa de crédito estudantil para financiamento das mensalidades do ensino superior e para os estudantes da rede pública enquanto o curso estiver em andamento. Em 1999, devido à crescente inadimplência dos estudantes, o crédito estudantil foi reestruturado e dado lugar ao Fundo de Financiamento Estudantil (FIES) que atendia exclusivamente a alunos dos cursos superiores não gratuitos e com avaliação positiva (BRASIL, 2016a). Pela Lei n. 11.096, em 13 de janeiro de 2005 foi criado o Programa Universidade para Todos (Prouni) tendo como objetivo conceder bolsas em instituições de ensino superior privadas (BRASIL, 2005). Também foi criada a Universidade Aberta do Brasil (UAB) para oferecer cursos de formação superior a distância para alunos com dificuldade de acesso ao Ensino Superior presencial (BRASIL, 2016b).

Em 2012 foi instituída a Lei nº 12.711 conhecida como Lei de Cotas, que garante 50% das matrículas por curso e turno nas universidades federais e institutos federais de educação, ciência e tecnologia a alunos que cursaram todo ensino médio em escola pública e com renda familiar bruta igual ou inferior a um salário mínimo e meio per capita, levando em conta também um percentual mínimo para cotistas correspondente a pretos, pardos e indígenas (BRASIL, 2012).

A Figura 1 mostra o número de cursos de graduação presencial entre os anos 1991 e 2018 correspondente a rede federal, estadual, municipal e privada. É possível verificar que, com exceção da rede privada, as demais seguem um comportamento semelhante com pouco acréscimo com o passar dos anos, sendo a rede federal com o maior número com aproximadamente 6 mil cursos; o grande diferencial se dá na rede privada que, a partir de 1998, segue uma tendência crescente alcançando em 2018 aproximadamente 27 mil cursos de graduação.

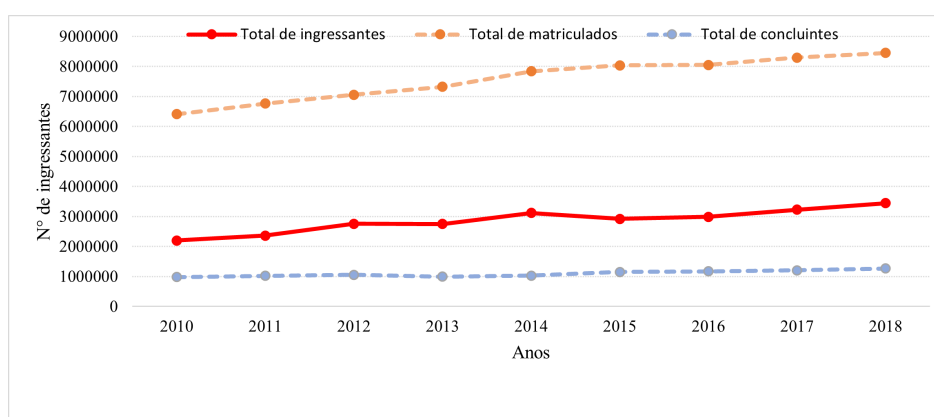
Figura 1 – Número de cursos de graduação presencial por ano na rede federal, estadual, municipal e privada



Fonte: Adaptado de Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - INEP (2021)

Na Figura 2 pode-se observar o total de ingressantes, matriculados e concluintes que o Brasil possui de 2010 a 2018 no ensino superior presencial por ano conforme o censo realizado pelo INEP. É perceptível uma grande defasagem entre o total de matriculados e o de concluintes conforme a evolução temporal. Conforme INEP (2021) o número de ingressantes foi cerca de 2,2 milhões em 2010 para quase 3,5 milhões em 2018 enquanto o número de matriculados foi de cerca de 6,4 milhões em 2010 e mais de 8,4 milhões em 2018. O número de concluintes também se elevou de 2010 a 2018, indo de 980.662 para 1.264.778.

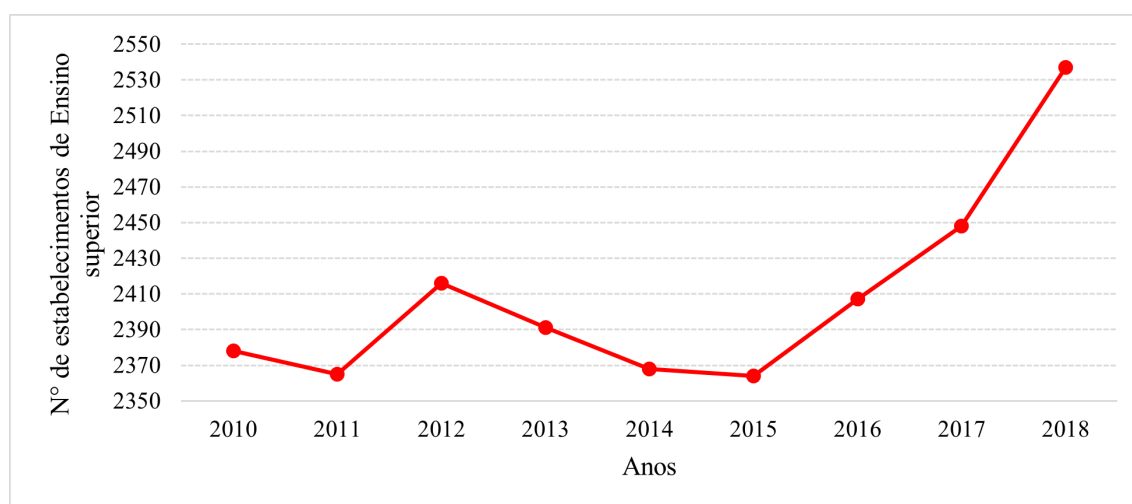
Figura 2 – Número de ingressantes no ensino superior presencial por ano



Fonte: Adaptado de INEP (2021)

Pode-se verificar na Figura 3 a variação temporal no número de estabelecimentos de ensino superior no Brasil de 2010 a 2018. Entre 2011 a 2012, o número de instituições passou de 2.365 para 2.416, havendo uma queda no número de estabelecimentos no ano de 2015 e para os anos seguintes observou-se um aumento gradativo.

Figura 3 – Número de estabelecimentos de ensino superior nos anos 2010 a 2018

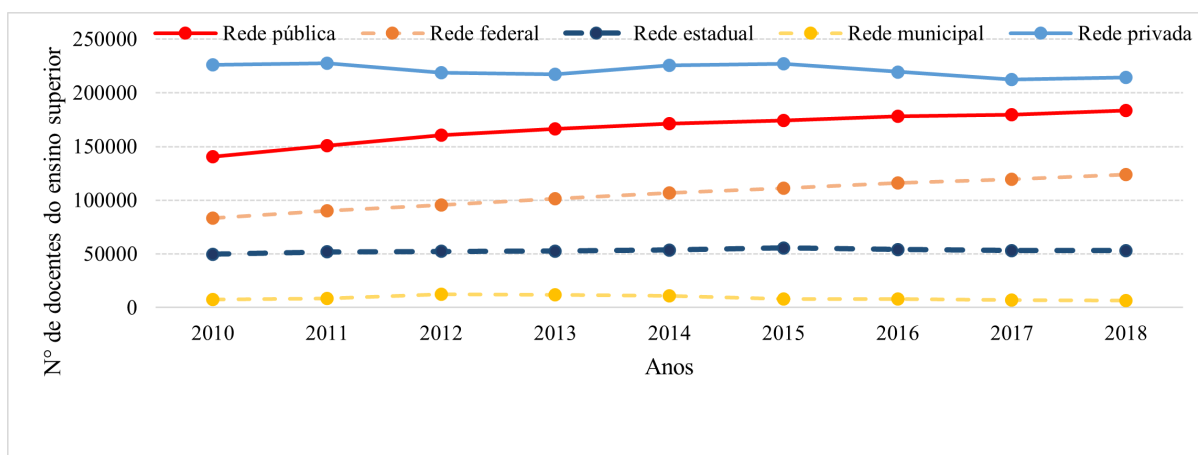


Fonte: Adaptado de INEP (2021)

Na Figura 4 é demonstrado o indicador referente ao número de professores do ensino superior das redes pública, federal, estadual, municipal e privada entre os anos de 2010 e 2018 realizada pelo INEP. Segundo dados da instituição, houve um aumento em

todas as redes, sendo que a rede privada possui o maior número de docentes em todos os anos. Ao comparar a rede pública com a privada, a segunda possuía mais professores em 2016, com cerca de pouco mais de 219 mil, enquanto a pública contava com 178 mil docentes.

Figura 4 – Número de docentes do ensino superior nos anos de 2010 a 2018



Fonte: Adaptado de [INEP \(2021\)](#)

3.2 Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação de Engenharia

As DCNs de Engenharia foram instituídas em 12 de dezembro 2001 com o propósito de sobrescrever o antigo conceito de currículo, que era entendido como meramente uma grade curricular que formaliza a estrutura do curso de graduação, e substituído por um conceito muito mais amplo, traduzido pelo conjunto de experiências de aprendizado que o estudante incorpora durante o processo participativo de desenvolver um programa de estudos coerentemente integrado ([BRASIL, 2001](#)). Na proposta, destacam-se três elementos fundamentais:

- O conjunto de experiências de aprendizado deve ir além de atividades tradicionais de sala de aula e contemplar também atividades complementares como iniciação científica, programas de extensão universitária, visitas técnicas e atividades culturais, políticas e sociais;
- O conceito de processo participativo alega que o aprendizado só é consolidado se o estudante desempenhar um papel ativo de construir o seu próprio conhecimento e experiência, com orientação e participação do professor;
- Introduz a possibilidade de novas formas de estruturação de curso que, ao lado da tradicional estrutura de disciplinas organizadas através da grade curricular, permite a

implantação de experiências inovadoras de organização curricular, como por exemplo o sistema modular.

Por fim, as DCNs organizam e explicitam quesitos como o perfil dos egressos, as competências e habilidades que deverão ser adquiridas ao longo do curso, a estrutura e o conteúdo do currículo, a obrigatoriedade e a carga horária mínima do estágio (BRASIL, 2001). Embora o documento seja mais curto e vago que sua nova versão, ele foi importante não só por estabelecer padrões como conteúdos curriculares como também por flexibilizar os cursos até certo ponto e enfatizar o valor do aluno exercer um papel ativo na sua própria aquisição de conhecimento.

Dezoito anos depois, em 23 de janeiro de 2019, as DCNs de Engenharia foram atualizadas e foi apresentado um documento muito mais detalhado que foi resultado de uma década de reuniões, audiências públicas e discussões. Além das novas diretrizes, o documento apresenta aspectos legais da educação, um estudo da oferta de cursos de graduação em engenharia no Brasil, e dados alarmantes que alavancaram algumas das discussões como a dificuldade do Brasil de competir no mercado internacional através do Índice Global de Inovação (IGI), no qual o Brasil perdeu vinte e duas posições entre 2011 e 2016 e ficando em 69^o entre 128 países em 2017, e de estimativas que apontam que a taxa de evasão dos cursos de engenharia estejam em torno de 50% (BRASIL, 2019a).

As novas diretrizes também especificaram muito mais o perfil e competências esperadas do egresso, sendo que destacam-se:

- Estar apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora;
- Ser capaz de expressar-se adequadamente, seja na língua pátria ou em idioma diferente do Português, inclusive por meio do uso consistente das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs), mantendo-se sempre atualizado em termos de métodos e tecnologias disponíveis;
- Gerenciar projetos e liderar, de forma proativa e colaborativa, definindo as estratégias e construindo o consenso nos grupos;
- Aprender de forma autônoma e lidar com situações e contextos complexos, atualizando-se em relação aos avanços da ciência, da tecnologia e aos desafios da inovação;
- Ser capaz de assumir atitude investigativa e autônoma, com vistas à aprendizagem contínua, à produção de novos conhecimentos e ao desenvolvimento de novas tecnologias;
- Aprender a aprender.

As novas DCNs de 2019, bem como a resolução que faz algumas alterações na proposta, trazem um foco muito grande em aprendizagem ativa, orientando que a utilização de metodologias para aprendizagem ativa devem ser estimuladas para promover uma educação mais centrada no aluno, tanto com o foco mais institucional com a alteração do Projeto Político do Curso quanto através de iniciativas pontuais com a mudança de comportamento dos docentes da instituição. Também é ressaltada na segunda que as avaliações de aprendizagem e das competências devem ser contínuas e previstas como parte indissociável das atividades acadêmicas (BRASIL, 2019a; BRASIL, 2019b).

O prazo de implantação das novas DCNs são de três anos a partir da data da publicação da resolução, o que significa que muita discussão ainda deve ser feito no âmbito da universidade para implementá-las. Para que elas sejam efetivas, é necessária a participação de todos os agentes envolvidos, sejam eles professores, monitores ou alunos.

3.3 Metodologias ativas de aprendizagem

É perceptível uma expansão acentuada ao longo dos anos com relação ao número cursos, ingressantes, estabelecimentos e docentes no ensino superior. Segundo Schmidt, Oliveira e Aragon (2000), esse aumento ainda é pequeno ao analisarmos o cenários de outros países, o que coloca o Brasil em situação desfavorável na qual 13% dos jovens entre 20 e 24 anos tem matrículas no ensino superior, contra 81% nos Estados Unidos, 51% França, 36% na Argentina, 29% no Uruguai, 28% no Chile e 17% na Colômbia. O crescimento do Ensino Superior no Brasil tem se dado de forma constante, principalmente por conta das instituições privadas, porém, ainda há muitos outros desafios para serem superados.

Segundo Silva et al. (2006), o profissional formado em engenharia é engendrado para atuar como um técnico especializado em solucionar problemas específicos e em determinados campos de interesse, o que requer que este processo seja feito de modo a atender os anseios e tendências contemporâneas. As demandas recentes, entretanto, exigem mais do que decorar fórmulas e realizar cálculos (STARCK; PINTO, 2018). A solução dos novos problemas necessitam de outras habilidades como a comunicação e a interdisciplinaridade, competências normalmente negligenciadas nos cursos de engenharia do ensino superior.

O ensino tradicional não está em consonância com as exigências do mercado atual em relação às aptidões esperadas de um profissional. Por diversas vezes, o professor é dado com a única fonte de informação e este, no geral, se restringe a aulas expositivas; ao aluno, para que consiga aprender, resta somente copiar, repetir respostas prontas, decorar e assistir, sendo que o conteúdo fica limitado àquilo que o docente oferece.

Atualmente, o ensino superior enfrenta o desafio de manter o interesse do aluno em

sala de aula. Se a aula está desinteressante, o aluno consegue, em questão de segundos e alguns toques no celular, receber estímulos externos da tela do seu aparelho que capturam rapidamente sua atenção.

Um dos grandes desafios encontrados no Ensino Superior, em especial na Educação em Engenharia, é modificar a inércia do tradicionalismo pedagógico, estruturado em palestras, tutoriais, técnicas laboratoriais tradicionais e exames finais, geralmente, como a principal avaliação do aluno, levando-o a adquirir um conhecimento superficial de um assunto que poderia ter sido abordado de forma a instigar sua capacidade de resolver problemas através das práticas em engenharia, aprofundando seu conhecimento (MARTON; HOUNSELL; ENTWISTLE, 1984¹ *apud* AMORAS et al., 2018).

Uma possível solução para os problemas apresentados é a adoção de metodologias nas quais os alunos atuam de forma ativa ao invés de passiva. De acordo com AmorAS et al. (2018), a aprendizagem ativa surge de modo a permitir que o aluno assumira uma postura mais ativa, na qual ele resolve problemas, desenvolve projetos e, com isso, cria oportunidades para a construção de conhecimento; além disso, ele também é motivado a pensar, questionar e buscar soluções práticas para situação do cotidiano da sua formação.

Aprendizagem ativa normalmente é definida como qualquer método que engaja o estudante no processo de aprendizagem, o que requer que os alunos façam atividades significativas e que reflitam sobre o que estão realizando (BONWELL; EISON, 1991). Embora essa descrição pudesse incluir atividades tradicionais como lição de casa, na prática a aprendizagem ativa refere-se a atividades introduzidas na sala de aula: seus elementos centrais são as ações dos alunos e o seu engajamento no processo de aprendizagem (PRINCE, 2004).

Muito apresentada como uma mudança radical ao ensino tradicional, a discussão da aprendizagem ativa tende a polarizar opiniões entre os professores. Enquanto a abordagem tem atraído fortes defensores que buscam diferentes alternativas às metodologias tradicionais, alguns céticos simplesmente a colocam como mais uma moda.

Muitas vezes é melhor pensar na aprendizagem ativa por si só como se fosse uma abordagem ao invés de uma metodologia. Além da pura aprendizagem ativa, há metodologias que também buscam ampliar a participação dos alunos no processo de aprendizagem, conforme descrito por Prince (2004):

- Aprendizagem colaborativa: Refere-se a qualquer método instrucional no qual os estudantes trabalham juntos em pequenos grupos para atingir um objetivo em

¹ MARTON, F.; HOUNSELL, D.; ENTWISTLE, N. J. **The Experience of learning: implications for teaching and studying in higher education.** Edinburgh: University of Edinburgh, Centre for Teaching, Learning and Assessment, 1984.

comum. Por isso, a aprendizagem colaborativa pode ser vista como todos os métodos instrucionais baseados em trabalhos em grupo, incluindo aprendizagem cooperativa;

- Aprendizagem cooperativa: Pode ser definida como uma forma estruturada de trabalho em grupo no qual os alunos possuem metas em comum, porém, são avaliados individualmente. Embora existam diversos modelos de aprendizagem cooperativa, o elemento fundamental de todos é o foco no incentivo da cooperação ao invés da competição como forma de promover a aprendizagem;
- Aprendizagem baseada em problemas: É o método instrucional no qual problemas relevantes são introduzidos no início de um ciclo e são utilizados para prover contexto e motivação para a aprendizagem que se segue. Embora seja sempre ativa, não é necessariamente cooperativa ou colaborativa segundo as definições anteriores. Essa aprendizagem tipicamente envolve porções significativas de aprendizado auto direcionado por parte do aluno.

Portanto, entende-se que as diferentes metodologias têm muito em comum e que estas acabam, por diversas vezes, se entrelaçando. Dessa forma, o docente pode escolher uma metodologia principal nas suas aulas e utilizar características e peculiaridades das outras.

Essa abordagem, nas últimas décadas, têm mostrado que a mudança na prática de ensino pode melhorar a aprendizagem do aluno, o seu engajamento e seu interesse em engenharia (BORREGO et al., 2014) como demonstrado em diversos casos reportados na literatura, tanto nacional quanto internacional. A aprendizagem baseada em projetos, com características relacionadas com aprendizagem colaborativa, aprendizagem cooperativa, aprendizagem ativa e aprendizagem em grupo, tem sido utilizada com sucesso (SOARES et al., 2013) no que diz respeito, especialmente, à motivação, responsabilidade, participação, compromisso e espírito crítico (SAUER et al., 2012). Hake (1998) examinou dados antes e após provas de mais de 6.000 alunos em disciplinas introdutórias e encontrou uma melhora significativa de performance para os estudantes que tinham aulas com uso substancial de métodos que estimulavam a interação e o engajamento dos alunos. Entretanto, embora haja diversas evidências da eficácia de métodos como a aprendizagem ativa, a taxa de adoção dessas estratégias ainda é baixa (BORREGO et al., 2014).

Os docentes, entretanto, não são os únicos a por empecilhos na utilização dessa abordagem. De acordo com Borrego et al. (2014), os alunos podem ter a percepção de que novos métodos de ensino, como discussões em grupo, sejam inúteis embora estudos mostrem o contrário; a teoria da violação das expectativas prevê que, se uma aula é diferente do que a expectativa do estudante, como uma aula expositiva, ele irá resistir a estratégia instrucional e terá sua eficácia reduzida.

Como apontado por [Sauer et al. \(2012\)](#), sabe-se que a adoção de metodologias ativas não está isenta de dificuldades: existem diversos desafios a serem enfrentados, principalmente no que diz respeito à mudança de paradigma, seja por parte dos estudantes quanto dos professores envolvidos, uma vez que o abandono de práticas pedagógicas consolidadas é muito difícil e não se trata de um processo espontâneo.

3.4 PBL - Aprendizagem baseada em problemas

O PBL foi concebido originalmente no ensino de medicina na Universidade McMaster no Canadá. Segundo [Savery \(2006\)](#), o currículo anterior era composto de intensas palestras de ciências básicas seguidos de um igualmente exaustivo programa de ensino clínico. Ele estava rapidamente se tornando um meio ineficaz e inumano de preparar os estudantes dada a explosão de informações médicas e tecnologia além da rápida mudança de demanda da prática futura. A Universidade então introduziu um processo tutorial, não somente um método instrucional, que ia de encontro com a filosofia de estruturar o currículo inteiro promovendo uma educação multidisciplinar e centrada no aluno.

O PBL provê uma abordagem para educação mais desafiadora, motivadora e agradável ([NORMAN; SCHMIDT, 2000](#)) além de estudantes e professores geralmente preferirem essa abordagem ([ALBANESE; MITCHELL, 1993](#)). De acordo com [Macambira \(2012\)](#), o PBL favorece o desenvolvimento de atributos essenciais para a vida profissional dos futuros engenheiros, tais como: adaptabilidade a mudanças, habilidade de solucionar problemas em situações não rotineiras, pensamento crítico e criativo, trabalho em equipe e compromisso com o aprendizado e aperfeiçoamento contínuos.

Mesmo que o PBL tenha sido concebido originalmente para ser aplicado no formato curricular, ou seja, de maneira integral no curso, ele também tem sido aplicado em formatos híbridos, como no caso de um núcleo central de problemas ser informado por conteúdos trabalhados em disciplinas convencionais, e em formatos parciais, como no caso de disciplinas isoladas dentro de currículos tradicionais. Embora os ganhos sejam supostamente reduzidos, ainda são verificados ao aplicar os formatos híbridos ou parciais em detrimento do curricular ([RIBEIRO, 2019](#)).

Outra diferença também apontada por [Ribeiro \(2019\)](#) entre os formatos curricular, híbrido e parcial é que no último uma estruturação maior é observada. O docente tende a atuar como tutor de vários grupos e interfere com maior frequência no processo de solução dos problemas, esclarecendo conceitos equivocados e sintetizando o conhecimento construído até o momento para os alunos. Dessa forma, normalmente é necessário reduzir o tempo de discussão dos grupos e complementá-lo com minipalestras.

Independente do formato de PBL escolhido, é importante a proposição da sua utilização por si só, uma vez que ela vai de encontro com a necessidade da mudança de

não só mais aplicar os métodos de ensinos tradicionais para que as demandas advindas de novas tecnologias, do contexto atual da sociedade e dos próprios alunos sejam atendidas.

Como o PBL prioriza a compreensão dos fatos e a importância do seu aprendizado (KURI; MANZANATO; SILVA, 2007), o aluno é induzido a pensar de maneira mais independente ao invés de simplesmente memorizar conceitos. A abordagem prepara os alunos para pensarem crítica e analiticamente para encontrar e usar recursos de aprendizagem adequados.

Segundo Silva (2014), quando o aluno é o sujeito ativo, ou seja, é ele quem busca a informação necessária para solucionar o problema, surge a oportunidade de aprender conteúdos que não estariam na lista de prioridades de ensino para um professor. O uso do PBL proporciona a realização de objetivos educacionais mais amplos, ou seja, não só a construção de uma base de conhecimentos teóricos como também o desenvolvimento de habilidades e atitudes que lhe serão úteis em sua vida profissional futura, independente do caminho profissional escolhido (RIBEIRO; MIZUKAMI, 2004).

O ensino deve estar alinhado com o contexto organizacional que o aluno irá encontrar na sua vida profissional, logo, sua formação deve estar orientada por uma educação que considere as demandas do mercado de trabalho (SILVA; SENA, 2006). Dessa forma, o PBL pode oferecer aos estudantes maneiras de adquirir conhecimento e desenvolver habilidades e atitudes valorizadas no ambiente de trabalho, fomentando o treinamento de engenheiros com a habilidade de endereçar os problemas e desafios da sua profissão (SAUER et al., 2012).

Outra habilidade importante que também é desenvolvida na utilização de PBL, não só para a vida profissional do aluno como também na sua pessoal, é o trabalho em grupo. Conforme levantado por Silva (2014), os estudantes necessitam se comunicar com os membros do grupo, precisam aprender a defender seu ponto de vista perante os outros membros e devem aprender a trabalhar em equipe, além de ter que cumprir suas atividades de modo responsável para não comprometer o resultado do grupo como um todo.

Prince (2004) diz que existem diversos casos empiricamente comprovados que apoiam a premissa que aprendizagens cooperativas são mais efetivas do que as competitivas para promover uma variedade de resultados positivos na educação sendo que Norman e Schmidt (2000) apontam que estudantes trabalhando em pequenos grupos têm um efeito positivo em conquistas acadêmicas.

Por fim, estudos sugerem que PBL gera mais atitudes positivas dos alunos, provê uma abordagem a aprendizagem mais aprofundada, auxilia os estudantes a reterem o conhecimento por mais tempo do que abordagens tradicionais e fornece um ambiente natural que estimula o desenvolvimento não só de resolução de problemas como também de habilidades de aprendizagem que serão utilizadas ao longo da vida (PRINCE, 2004).

3.5 Fundamentos da Aprendizagem Baseada em Problemas

Existem diversas evidências que mostram que metodologias de aprendizagem ativa são efetivas quando consideramos o aumento da aprendizagem do aluno, porém, a taxa de adoção dessas metodologias por professores de cursos de engenharia ainda tem sido pequena (BORREGO et al., 2014).

Segundo Prince (2004), restam diversas dúvidas para os professores universitários sobre o que é a aprendizagem ativa e como ela difere do método tradicional de ensino na engenharia, uma vez nele o aluno cumpre certas tarefas através da lição de casa e de atividades no laboratório; outro problema é que o corpo docente nem sempre entende como as diferentes modalidades de aprendizagem ativa se diferem entre si. De acordo com Boud e Feletti (1997), existem também maus usos e equívocos em relação ao PBL, ora seja por particularidades da abordagem ora devido aos desafios associados a grande mudança institucional que ele traz na educação. Esses pontos incluem:

- Confundir PBL como uma abordagem para o ensino de resolução de problemas;
- Adoção da proposta de PBL sem comprometimento o suficiente dos profissionais em todos os níveis;
- Falta de pesquisa e desenvolvimento no tipo e na natureza dos problemas a serem utilizados;
- Investimentos insuficientes na preparação e na utilização dos recursos de aprendizagem;
- Estabelecer pequenos elementos de PBL num contexto que recompensa os estudantes pelo comportamento esperado num ambiente tradicional de aulas expositivas mais provas;
- Falta de preocupação no desenvolvimento na capacitação dos profissionais, particularmente daqueles que não estiveram envolvidos na criação do programa;
- Métodos inapropriados de avaliação que não combinam com a abordagem;
- Estratégias que não focam na aprendizagem e que são implementadas de maneira tardia.

PBL não é um método de resolução de problemas, e sim uma forma do estudante aprender conteúdos através de um problema real como um veículo, introduzindo outras atividades às aulas tradicionais expositivas e promovendo o engajamento dos alunos (BOUD; FELETTI, 1997; ECHAVARRIA, 2010; GORBANEFF, 2010; PRINCE, 2004; SAVERY, 2006; SILVA, 2014). Isso também se dá através do fomento dos professores,

do pensamento crítico dos alunos e do trabalho em equipe, que permite uma troca de experiências que possibilitam uma reflexão e a contínua produção de conhecimento sobre um determinado tema (AMORAS et al., 2018; SAUER et al., 2012).

De acordo com Echavarría (2010), o papel do professor em conjunto com a avaliação dos alunos são os elementos críticos no processo de implementação do PBL. É necessário que o ambiente estimule as interações e a cooperação entre os próprios estudantes e entre o professor e os estudantes, de modo que as trocas entre as entidades prevaleçam em relação à fala e à instrução do professor como sendo a única fonte de informação. As interações entre os alunos permitem que eles troquem ideias, informações e conhecimento, aprendendo a defender seus pontos de vista mas também a valorizar outras opiniões; ao explorar a situação problema, os alunos confrontam as próprias lacunas de conhecimento e suas habilidades, fazendo com que tomem a decisão de quais informações eles precisam adquirir para resolver ou lidar com a situação que lhes foi apresentada (SAUER et al., 2012).

Não são só os docentes que relutam em adotar metodologias ativas: os alunos podem, erroneamente, pensar que essa abordagem é mais fácil e cômoda para o professor uma vez que eles tem um papel mais ativo na disciplina, interagindo mais e buscando conhecimento. Borrego et al. (2014) compilou uma série de dicas presentes na literatura para professores seguirem para reduzir a resistência dos alunos para a aplicação de métodos não tradicionais de ensino:

- Explicar claramente as expectativas;
- Explicar e reforçar o propósito da metodologia;
- Reconhecer os desafios da abordagem;
- Prover *feedback*, suporte e assistência aos alunos;
- Explicar como as notas são calculadas e como as atividades serão corrigidas e avaliadas;
- Solicitar *feedback* dos alunos;
- Aumentar o nível de dificuldade gradualmente;
- Preparar atividades desafiadoras de maneira adequada;
- Respeitar os estilos de aprendizagem e hábitos de estudos dos alunos.

Prince (2004) compilou diversos estudos presentes na literatura que evidenciam que a utilização de PBL promove melhores hábitos de estudos, aumenta a utilização da biblioteca, da leitura dos livros recomendados e da presença na sala de aula, além de prover

uma abordagem mais agradável, motivadora e desafiadora na educação, sem contar que, após a sua aplicação, professores e alunos, geralmente, preferem o seu uso à metodologia tradicional.

O PBL supera as fronteiras de uma única disciplina porque utiliza problemas reais para fazer com que o aluno adquira conhecimento de diversas fontes para solucionar um problema real (GORBANEFF, 2010). Entretanto, além de real, o problema deve ser também factível e tangível, para desta forma se tornar algo intrinsecamente motivador para o aluno se interessar em resolvê-lo (SILVA, 2014).

3.6 Metodologia de avaliação e acompanhamento: Rubricas e *feedback*

Segundo Biagiotti (2005), rubricas são esquemas explícitos utilizados para classificação em categorias que variam ao longo de um contínuo, podendo ser utilizadas em trabalhos de pesquisa, apresentações e atividades. Ainda segundo o autor, podem ser utilizadas pelos próprios estudantes ou ainda por professores, supervisores de trabalho ou revisores externos e são usadas para promover *feedback* formativo dos alunos, dar notas e, como acrescentam Smit e Birri (2014), também os auxiliam a ganhar competências complexas.

Para Stevens e Levi (2005), uma rubrica é uma ferramenta para dar notas que estabelece as expectativas específicas para uma determinada atividade. A maioria das rubricas descreve as expectativas de uma atividade ao longo de três a cinco níveis de performance, sendo que descrições explícitas para cada nível enfatiza uma visão incremental do desenvolvimento da aprendizagem. Além disso, a rubrica também contém a divisão ou dimensões das diversas habilidades e competências necessárias para completar a atividade. O Quadro 1 é um exemplo de rubrica para um trabalho escrito.

De acordo com Felício (2019), além de ajudar os estudantes a identificarem como sua atividade será avaliada, ela também especifica o nível de desempenho esperado com vista aos vários níveis de qualidade previamente expostos, permitindo que os alunos reconheçam sozinhos se atingiram os objetivos esperados antes mesmo de entregarem a atividade.

Como não só os critérios mas também os diferentes níveis de performance são explícitos, são estes fatores que o docente levará em conta na hora de determinar a qualidade do trabalho de um aluno.

As vantagens para sua utilização são diversas. O processo de dar notas é feito de uma forma mais precisa, justa e confiável, além de permitir que ele seja mais uniforme e padronizado, mesmo que seja aplicado por professores diferentes (BIAGIOTTI, 2005). Integrar as rubricas às discussões de sala de aula e utilizá-las nas atividades dos alunos também os forçam a ter responsabilidade e a possuírem um papel ativo no seu processo de aprendizagem (STEVENS; LEVI, 2005). Vale ressaltar que, para uma utilização efetiva

Quadro 1 – Exemplo de rubrica

Itens avaliados	Ruim	Aceitável	Excelente
Pesquisa	Não realizou a pesquisa	Apresentou parcialmente as características da pesquisa	Apresentou adequadamente as características da pesquisa
Justificativa	Não realizou a justificativa	Justificou parcialmente a escolha	Justificou adequadamente a escolha
Comunicação e expressão	As ideias são mal expressas. Erros de linguagem interferem na compreensão	As ideias são expressas adequadamente. Erros de linguagem não interferem na compreensão	As reflexões são expressas adequadamente e completas. Uso de linguagem sofisticada e sem erros
Gramática e pontuação	Mais de três erros gramaticais ou ortográficos	Menos de três erros gramaticais ou ortográficos	Sem erros gramaticais ou ortográficos
Pontualidade	A tarefa foi enviada com atraso de mais de uma semana	A tarefa foi enviada com até uma semana de atraso	A tarefa foi enviada no prazo estipulado

Fonte: Felício (2019)

e que colha todos os benefícios da ferramenta, os critérios de desempenho específicos e indicadores observáveis devem ser identificados claramente (FELÍCIO, 2019).

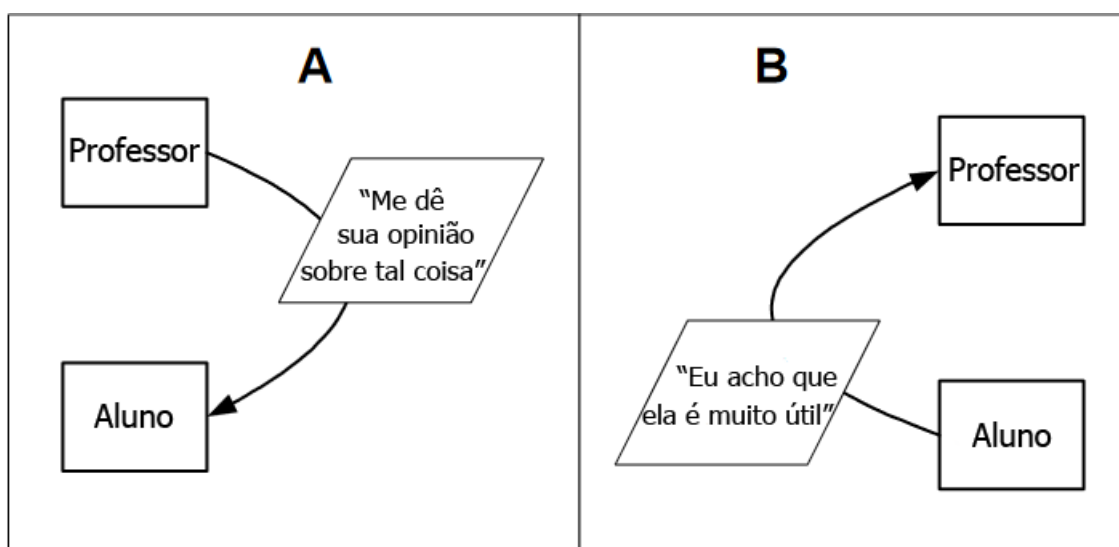
Como aponta Biagiotti (2005), as rubricas são inúteis e improdutivas se a avaliação adotada for limitada e pobre, uma vez que é sua função aferir de maneira adequada a aprendizagem do aluno; a rubrica é apenas uma ferramenta, um meio de transmitir as expectativas e de dar notas de forma mais clara e honesta.

Segundo Panadero e Jonsson (2013), existem diversas maneiras de se utilizar rubricas como mediador para o aumentar o desempenho dos estudantes. Podemos citar o aumento da transparência, que deixa claro o que é esperado deles, a redução da ansiedade, uma vez que as expectativas do docente estão explícitas, o auxílio no processo de *feedback*, apontando o que pode ser melhorado, a melhora da eficácia dos estudantes, em conjunto com o *feedback* dos professores, e o apoio à auto regulação dos alunos, facilitando o planejamento os estudos e a checagem do seu progresso no processo de aprendizagem.

Yacci (2000) pontua a interação professor-aluno da seguinte maneira no processo de *feedback*: um *loop* interativo ocorre quando ações, sejam elas mensagens ou outras atividades, são passadas entre entidades, no caso aluno e professor, fechando assim um ciclo. Porém, essa definição, do ponto de vista educacional, contém um elemento que, normalmente, não é explicitamente dito: a interatividade deve ocorrer sempre do ponto de vista do aluno; ele é o agente que dita quando houve ou não interação.

Vamos analisar um exemplo da seguinte comunicação, no qual podemos ver dois pontos de vista distintos, o do professor e o do aluno. Do ponto de vista do professor, um *loop* interativo acontece quando o docente comunica uma mensagem para o aluno e este o responde, como visto na [Figura 5](#). Entretanto, do ponto de vista do aluno o *loop* não está completo; o estudante mandou uma mensagem para o professor, mas geralmente não há uma resposta. Neste caso, temos um circuito aberto [Figura 6](#).

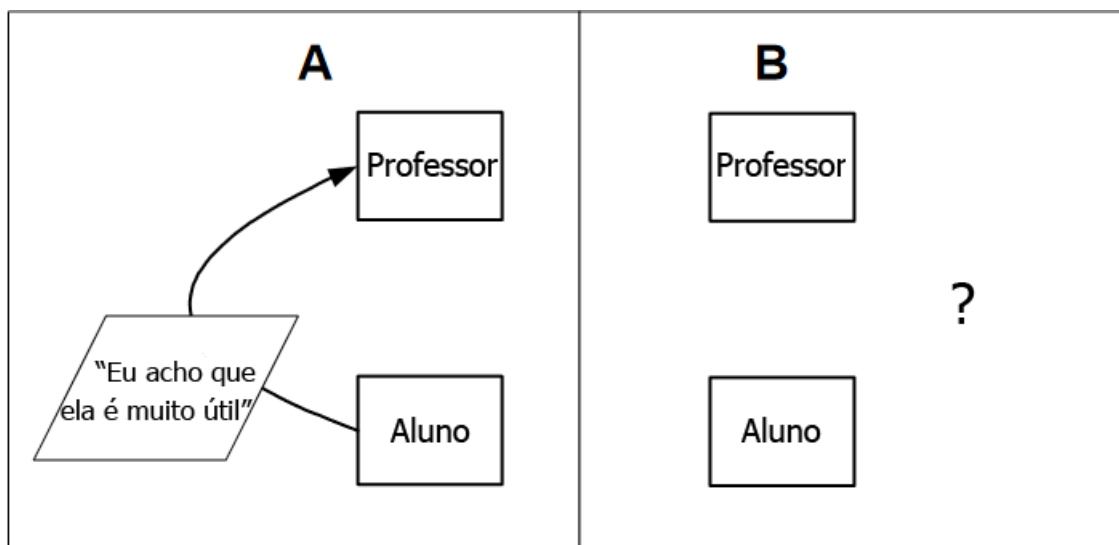
Figura 5 – Dois passos num loop completo A. o professor faz uma pergunta ao aluno B. o aluno responde. O loop é completo da perspectiva do professor



Fonte: Adaptado de [Yacci \(2000\)](#)

Através da rubricas, os estudantes são capazes de avaliar seus trabalhos antes de entregar ao professor; se elas forem bem feitas e detalhadas, os alunos sentem facilidade para verificar se os requisitos e as expectativas do docente foram alcançadas, sendo que quanto maior o detalhamento menos espaço para subjetividade tem este processo ([BIAGIOTTI, 2005](#)). Ainda segundo o autor, se forem utilizadas rubricas e estas forem bem construídas, elas podem ser usadas como base para a realização do *feedback* para o alunos. Dispondo de uma avaliação prévia feita pelo próprio aluno, o professor tem condições de se concentrar na complementação desta auto-avaliação e proporcionar um *feedback* para os alunos, apontando os pontos a melhorar em seu trabalho.

Figura 6 – A mesma interação através da perspectiva do aluno. O loop não está completo



Fonte: Adaptado de Yacci (2000)

De acordo com o trabalho de Andrade e Du (2005), os próprios estudantes relatam que as rubricas os ajudam a compreender o objetivo de uma atividade, a concentrar seus esforços, a produzir um trabalho de melhor qualidade, a ganhar uma melhor nota e a se sentirem menos ansiosos.

É necessário que os professores que venham a adotar as rubricas em suas avaliações, definam os resultados da aprendizagem, ou os objetivos que esperam que sejam alcançados pelos alunos. A partir daí, vem regredindo com a escala de valores, ou seja, vem definindo os níveis de critérios, variando-os da mais elevada performance até a mais baixa que possa ser esperada para a tarefa em questão. Feito isso, deve descrever cada nível, e se certificar de que ele vai ser entendido claramente pelos alunos. Após a definição da escala de valores, se assegure de que essa escala está oferecendo a distinção desejada entre os níveis de desempenho e a pontuação final do trabalho esperado. Apresente as rubricas sob a forma de uma lista ou de uma matriz, de modo a não deixar dúvidas de apresentação. (BIAGIOTTI, 2005)

Todo aluno tem noção da qualidade do seu trabalho, se ele realmente tem qualidade ou se está aquém do que poderia ter sido realizado; em situações normais, o aluno não expressa a sua opinião para o professor, ficando na expectativa da confirmação, ou não, da sua própria impressão (BIAGIOTTI, 2005). Nessa ocasião, as rubricas auxiliam o aluno a fazer uma autoavaliação e a ter um direcionamento de como prosseguir para solicitar uma orientação ao professor para sanar suas dificuldades. O docente, entretanto, não pode ficar

a espera do aluno: ele deve se mostrar presente e incitar o diálogo e o processo de troca, de maneira a estimular o processo de ensino e aprendizagem.

Utilizar rubricas como ferramenta na atribuição de notas e integrá-las ao ensino na sala de aula é um passo no caminho de uma maior equidade para todos os estudantes. Essa ferramenta tem um efeito poderoso não somente na aprendizagem do estudante como também na sua retenção, uma vez que torna explícita uma série de suposições e expectativas que não são ditas na cultura acadêmica (STEVENS; LEVI, 2005).

3.7 Softwares, linguagens de programação e ferramentas computacionais

Em 2001 já era dito que os egressos em um curso de engenharia deveriam ter uma formação técnica científica e profissional geral que os capacitassem a absorver e desenvolver novas tecnologias, de maneira a atender às demandas da sociedade (BRASIL, 2001).

Ao considerar o recente avanço tecnológico, principalmente na utilização de softwares, ferramentas e linguagens de programação particulares que são utilizados no mercado de trabalho, exemplos recentes na educação em engenharia utilizam aprendizagem ativa como principal método de ensino para atender o desenvolvimento atual do Ensino Superior (LIMA; ANDERSSON; SAALMAN, 2017).

Dessa forma, identificam-se tanto razões quanto benefícios para a utilização do PBL para responder a necessidade de mudança nos métodos de ensino para que possam atender às novas demandas advindas das novas tecnologias (ASSIS, 2012).

3.7.1 SIG e ArcGIS

Sistema de Informação Geográfica (SIG) é uma ferramenta para coleta, gerenciamento e análise de dados. Com sua origem na geografia, ela integra diferentes tipos de dados através da análise de uma localização espacial, organizando camadas de informações através da visualização de mapas. Centenas de milhares de organizações, em praticamente todas as áreas, utilizam SIG para criação de mapas para compartilhar informações, realizar análises e resolver problemas complexos no mundo todo. Podem ser citados como exemplos das diversas áreas da utilização de SIG mapas de previsão de tráfego, do recuo das geleiras, de crescimento e diminuição de empregos, da ocorrência de crimes, dentre outros. ArcGIS é um conjunto de softwares da ESRI que utiliza de SIG para criação e edição de mapas em duas ou três dimensões, apresenta ferramentas para análise de dados e modelagem, gerencia informações, etc. (ESRI, 2021).

3.7.2 Python

Python é uma linguagem de programação gratuita, multiplataforma e de código aberto que é fácil de aprender a usar. Ela é utilizada no mundo todo em milhares de

aplicações por empresas de diferentes ramos, como de web, cinema, consultoria, imobiliária, viagens, jogos, dentre outras (PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, 2021).

O papel da computação na ciência e na engenharia deixou de ser unicamente para fins de criação de algoritmos. Essa mudança se deve a diversos fatores como a internet, a melhoria do hardware, ferramentas de colaboração online e a ascensão da ciência movida por dados. A linguagem de programação Python se tornou atraente nesse nicho pois ela tem uma sintaxe acessível para cientistas que não são programadores já que a construção de programas grátis e de código aberto para problemas científicos está alinhado com o objetivo do campo da pesquisa de ser transparente e reproduzível (PÉREZ; GRANGER; HUNTER, 2011).

3.7.3 Exemplos de ferramentas computacionais para estudos hídricos

Riverhelp! é uma ferramenta que foi desenvolvida por Lima (2007) que consiste em um sistema de suporte a decisões para planejamento e gerenciamento integrado de recursos hídricos e foi feita utilizando-se de *Visual Basic for Applications* (VBA) e ArcGIS. A ferramenta, dentre outras utilidades, se propõe a analisar a disponibilidade de água em quantidade e qualidade para otimizar a operação de reservatórios e auxiliar o processo de outorga de direito e uso da água. O sistema associa ferramentas para simulação e otimização de quantidade de água, sistema de informações geográficas e análises estatísticas para auxiliar no avanço de pesquisas relacionadas ao planejamento e gerenciamento integrado de recursos hídricos.

Também utilizando VBA e ArcGIS, Bielenki (2018) criou uma ferramenta para automatizar a geração de séries de precipitações mensais médias apenas com os dados observados disponíveis nas estações pluviométricos presentes na área desejada e no seu entorno utilizando uma metodologia própria. Em cada época foi admitida uma combinação diferente de postos pluviométricos para a realização do cálculo e os resultados obtidos foram satisfatórios quando comparados aos métodos de preenchimentos de falhas comumente utilizados em estudos hidrológicos.

Matos (2012) desenvolveu uma ferramenta computacional utilizando Python e ArcGIS que calcula a curva Cota-Área-Volume (CAV) a partir do método denominado Inserção de Malha de Pontos (IMP) que gera uma malha de pontos entre as seções levantadas que corrige os efeitos de borda gerados pelo interpolador TIN. A ferramenta otimiza e reduz o tempo de obtenção de resultados além de prover uma maior acurácia e diminuição do trabalho de campo para coleta de dados, sem prejudicar o cálculo do volume do reservatório.

Utilizando Fortran 90 e ArcGIS, Larentis (2009) criou uma ferramenta que estima o potencial energético remanescente em uma bacia hidrográfica. A metodologia proposta estabelece critérios e procedimentos para realizar a estimativa do potencial global da

bacia através do processo automatizado do modelo digital do terreno, de vazões regionais estatísticas, do tipo de operação, do *layout* e da altura do barramento do sítio. São realizadas então alternativas de projetos para aquela bacia que são hierarquizadas e selecionadas, o que permite a estimativa do potencial global viável e a obtenção da divisão de quedas final.

Estes são somente alguns exemplos de ferramentas que podem ser utilizados para melhorar a forma de ensino e o processo de aprendizagem em cursos de engenharia para vincular a teoria à prática.

3.8 Curso de Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia e Automação

A implantação da USP em São Carlos começou no ano de 1948 com a criação da EESC, porém, as atividades da escola começaram somente cinco anos depois, com a primeira aula proferida no dia 18 de abril de 1953 e que possuía os cursos de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica (USP, 2021b). Em 1970 teve-se início o curso de Engenharia Eletrotécnica sendo que em 1973 o nome foi alterado para Engenharia Elétrica e que em 1975 teve seu reconhecimento através do Decreto nº 75.448 (USP, 2021d). Em 2003 foi extinta a ênfase de Eletrotécnica e criada a ênfase de Sistemas de Energia e Automação, sendo oferecidas novas cinquenta vagas no vestibular que, totalizando cem vagas ao se somarem com as outras cinquenta da ênfase de Eletrônica (USP, 2021a).

O autor, quando ainda era aluno de graduação, participou da reformulação do Projeto Político Pedagógico (PPP) do curso de Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia e Automação da instituição. A alçada contou com o trabalho de professores que participavam da Comissão Coordenadora do Curso de Engenharia Elétrica (CoC-EE), bem como outros docentes e alunos do curso e levou cerca de um ano para ser finalizado. O objetivo do PPP, além de apresentar o perfil do aluno esperado e a estrutura curricular do curso, é de expor as filosofias que servem de alicerce para o curso e as decisões tomadas na sua organização, alinhadas com as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs). Os trechos abaixo, retirados de USP (2016), evidenciam a proposta do PPP vigente:

- Os aspectos mais importantes relacionados ao perfil do profissional dessa área, influenciados pelas constantes e rápidas mudanças tecnológicas, continuam sendo contemplados nesse projeto: iniciativa, criatividade e capacidade de liderança. Conhecimentos adequados sobre relações humanas, impactos tecnológicos sobre o meioambiente, mercado e finanças, capacidade de adaptação rápida em diferentes funções e a experiência do saber trabalhar em equipe também têm sido alvo da formação dos egressos;
- O perfil do egresso de um curso de Engenharia Elétrica compreenderá uma sólida formação técnica-científica e profissional geral, que o capacite a absorver e desenvolver

novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística em atendimento às demandas da sociedade. Faz parte do perfil do egresso a postura de permanente busca da atualização profissional;

- A reavaliação projeto foi pautada por questões como uma formação mais humanística e de responsabilidade social ao aluno, e da adaptação de novos estudos e literatura relacionadas à educação superior na última década que mostrava que cada vez mais era necessária a integração de conhecimentos, habilidade e procedimentos num mundo de altas velocidades de mudança;
- Em relação ao PPP anterior, foram apontadas as seguintes deficiências: do ponto de vista metodológico, ainda predominavam metodologias tradicionais de ensino voltadas à exposição de conteúdos cognitivos, embora já fizessem menção a necessidade de tornar o ensino mais participativo e ativo; do ponto de vista avaliativo, apresentava uma forte cultura de avaliação apenas de conteúdos cognitivos e sua memorização, sem explicar quesitos de avaliação de habilidades e procedimentos conforme as diretrizes curriculares e conceitos mais modernos da educação superior.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão abordados o plano de ensino e o cronograma das aulas utilizando-se do PBL, os diferentes métodos de avaliação para serem aplicados, as rubricas que nortearão a correção das atividades, o *feedback* que será dado ao aluno, a mudança da ementa da disciplina para contemplar as propostas do trabalho, o papel do monitor no curso e as ferramentas computacionais que podem ser utilizadas.

4.1 Introdução

A disciplina escolhida para este estudo foi SHS0115 - Aproveitamentos Hidrelétricos, ministrada para os alunos do quarto ano e sétimo semestre de Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia e Automação da Universidade de São Paulo, campus São Carlos. Embora a disciplina seja optativa, a sua procura sempre é grande por parte dos alunos, atingindo, quase sempre, a lotação máxima que é de quarenta vagas. A escolha desta disciplina como objeto de aplicação deste estudo se deu por diversos motivos, dentre eles o fato do autor ter cursado a disciplina durante sua graduação e ter sido monitor PAE (Programa de Aperfeiçoamento de Ensino) da disciplina através do estágio supervisionado em docência, o que concedeu a ele a visão tanto de aluno quanto de docente desta matéria.

De acordo com [Christensen, Horn e Johnson \(2012\)](#), um novo modelo de ensino-aprendizagem deve ter em sua essência a motivação dos alunos. Essa motivação pode ser extrínseca ou intrínseca. A motivação extrínseca procede o exterior da tarefa, ou seja, ela ocorre quando uma pessoa aprende a fazer algo não porque considerou a tarefa interessante ou estimulante em si, mas porque aprendê-lo lhe dará acesso a alguma outra coisa que ela deseje. A motivação intrínseca, por sua vez, ocorre quando o trabalho por si só estimula e impulsiona um indivíduo a continuar uma tarefa porque ela é inerentemente agradável e prazerosa. Na ocasião de haver uma grande motivação extrínseca para que alguém aprenda algo, o trabalho da escola se torna mais fácil. Não há a necessidade ensinar o conteúdo de uma maneira intrinsecamente motivadora uma vez que a simples apresentação do conteúdo baste. Entretanto, na falta de motivação extrínseca, urge o dever da criação de métodos intrinsecamente motivadores de ensino.

Este trabalho busca alcançar tais características através de diversas maneiras: engajar os alunos no processo de aprendizagem através de metodologias ativas, apresentar um conteúdo atual e relevante que pode ser testado na prática através de visitas técnicas, respeito ao indivíduo, métodos avaliativos distintos que contém atividades práticas e colaborativas para atender os diversos estilos de aprendizagem, transparência na correção e atribuição de nota nas avaliações, *feedback* propositivo e rápido, utilização de tecnologias dentro e fora da sala de aula, dentre outros.

4.2 PBL na disciplina de graduação

Com a rápida modernização de ferramentas no ambiente de trabalho, segundo [Benvenuti, Ceni e Machado \(2017\)](#), não é mais possível ficar alheio à inovação no ambiente educacional, o que leva a reflexão dos profissionais da educação sobre qual seria a melhor forma de inserir a tecnologia para possibilitar uma nova forma de aprendizagem mais atrativa ao aluno que também desenvolva sua autonomia. No caso deste trabalho, escolheu-se usar o PBL como forma de introduzir essa mudança no aprendizado discente.

Nesse sentido, encontra-se o [Quadro 2](#), sugerido por [Hadgraft e Prpic \(1999\)](#), que auxilia a caracterizar experiências de metodologia de ensino. Um curso tradicional baseado somente em aulas expositivas provavelmente teria uma pontuação [1, 1, 1, 1, 1] segundo o quadro enquanto o modelo PBL ideal teria uma pontuação [4, 4, 4, 4, 4]. O quadro também pode servir como orientação para os docentes que utilizam a metodologia tradicional e desejam migrar para o formato PBL de maneira gradual, como é proposto neste estudo.

Quadro 2 – Elementos fundamentais do PBL

Passo	Problema	Integração	Trabalho em equipe	Solução de problemas	Aprendizagem autônoma
1	Vários problemas por semana.	Nenhuma ou pouca integração de conceitos. Uma única habilidade ou ideia.	Trabalho individual.	Sem metodologia de solução de problemas formal. Alunos concentram em aprender como resolver cada novo problema.	Professor fornece todo o conteúdo através de aulas, notas de aula, sites, tutoriais, livros e periódicos. Alunos concentram em aprender o que lhes foi dado.
2	Um problema por semana.	Alguma integração de conceitos.	Alunos trabalham juntos informalmente na sala de aula mas submetem o trabalho individualmente.	Metodologia formal de solução de problema que é aplicada nas aulas.	Professor fornece grande parte do conteúdo, mas espera que os alunos encontrem alguns detalhes e/ou dados sozinhos.
3	Mais de um problema por semestre, cada um com duração de algumas semanas.	Integração significativa de conceitos e habilidade na solução do problema.	Trabalho em equipe menos formal que na próxima categoria. Relatório em conjunto, mas sem avaliação por pares.	Metodologia formal de solução de problemas que é supervisionado por tutores em aula.	Professor fornece um livro texto como a base para o assunto, mas espera que os alunos utilizem esta e outras fontes a critério próprio.
4	Um problema por semestre.	Grande integração, talvez incluindo mais de uma disciplina.	Trabalho em equipe formal, encontros de equipe, avaliação por pares e relatório em conjunto.	Metodologia formal de solução (e aprendizagem) de problemas. Alunos aplicam a metodologia sozinhos a cada novo problema.	Professor fornece pouco ou nenhum material (talvez algumas referências). Alunos utilizam a biblioteca, internet e especialistas para compreenderem o problema.

Fonte: Adaptado de [Hadgraft e Prpic \(1999\)](#)

A pontuação proposta neste estudo de maneira empírica é de [4, 2, 3, 2, 2] que se traduz num único problema apresentado aos alunos no início do semestre que irá requerer certa integração de conceitos; também é esperado que haja trabalho em equipe

com dedicação dentro e fora da sala de aula com a utilização de algumas referências bibliográficas, sendo a mais utilizada o livro texto Energia renovável no Brasil: análise das principais fontes energéticas renováveis brasileiras, dos autores [Mauad, Ferreira e Trindade \(2017\)](#), bem como de outras fontes encontradas pelos alunos.

Propõe-se iniciar a aplicação de PBL neste nível devido a falta de experiência do docente com o método e uma possível resistência por parte dos alunos devido a adoção de uma metodologia diferenciada no momento que eles estão próximos da conclusão do curso. Por esses motivos, este trabalho preconiza que a primeira oferta da disciplina com a utilização desta metodologia seja feita ainda com aulas expositivas, mas de maneira parcial, de modo a não tomar todo o tempo em sala de aula. Planeja-se, porém, nos oferecimentos seguintes da disciplina, que a pontuação do método possa ser aumentada gradualmente mediante as experiências relatadas pelos alunos e a experiência docente.

Dos anos de 2016 a 2019, a disciplina de Aproveitamentos Hidrelétricos vem sendo ministrada às segundas-feiras das 13h20 às 16h00 por um período de quinze semanas. O tempo em sala de aula foi categorizado em duas partes, sendo uma ativa e a outra expositiva, ou seja, a primeira parte é centrada no aluno enquanto a segunda é centrada no professor. O [Quadro 3](#) ilustra a divisão do período em sala de aula com seus respectivos tempos estipulados assim como as atividades que devem ser realizadas em cada um deles.

É imprescindível que o professor saiba diferenciar a sua função em cada uma das categorias uma vez que há uma clara inversão de papéis. Segundo [Araujo et al. \(2014\)](#), na metodologia de aprendizagem ativa é vital que a relação de ensino-aprendizagem se inverta para que o processo educacional deixe de ser centrado no ensino para ser focado na aprendizagem. Os professores, neste caso, deixam de ser mantenedores do conhecimento para assumirem os cargos de mentores e mediadores entre os alunos e as diferentes fontes de conhecimento, tornando os estudantes protagonistas no sistema educacional.

Baseando-se nas quatro últimas ofertas da disciplina que foram acompanhadas pelo autor, em conjunto com o docente responsável foi feito um cronograma do semestre letivo com o conteúdo que será abordado em cada aula, a distribuição das avaliações ao longo do semestre, a visita técnica prevista, dentre outras informações, conforme demonstrado no [Quadro 5](#) do [Apêndice A](#).

4.3 Avaliação

Um curso, seja lá qual for, só será bem aproveitado se o aluno assim o quiser ([MAIA, 2004](#)). Uma dos empecilhos para que isso seja realizado, entretanto, é a forma de avaliação. Cabe ao professor, portanto, fazer de tudo que está ao seu alcance para permitir o melhor proveito do seu curso também através da avaliação.

Como apontado por [Biagiotti \(2004\)](#), é importante que os alunos sejam avaliados

Quadro 3 – Divisão do período em sala de aula

Parte	Tempo	Categoria	Atividades
1	10%	Centrada no professor	<ul style="list-style-type: none"> • Devolução das atividades corrigidas • <i>Feedback</i> das atividades corrigidas • <i>Feedback</i> do trabalho em grupo
2	40%	Centrada no aluno	<ul style="list-style-type: none"> • Realização dos trabalhos em classe • Troca de experiência entre grupos • <i>Feedback</i> para o professor e monitor do andamento do projeto
3	40%	Centrada no professor	<ul style="list-style-type: none"> • Aula expositiva
4	10%	Centrada no aluno	<ul style="list-style-type: none"> • Discussão da parte expositiva • Divisão de tarefas entre os integrantes do grupo para a semana

Fonte: Elaborado pelo autor

ao longo do processo e que tenham conhecimento de suas avaliações. Para isso, foram elaboradas provas pontuais ao longo do semestre bem como um modelo de avaliação contínua em sala de aula além de um projeto e uma apresentação. Esse modelo é completamente diferente do que é amplamente utilizado no curso de Engenharia Elétrica atualmente que é constituído somente de duas provas, uma no meio e outra no fim do semestre letivo. Também foram separados momentos específicos de certas aulas para que os alunos possam receber *feedback* sobre seu desempenho nas avaliações, conforme mostra o cronograma do semestre letivo no [Apêndice A](#).

Como parte da falta de motivação do aluno, o discente muitas vezes sente que a aprendizagem não é voltada para seus interesses e necessidades, principalmente quando ele questiona-se para que utilizará o conhecimento adquirido no mercado de trabalho. Isso se dá também porque os empregadores cada vez mais procuram sujeitos com qualidade diferenciadas, que saibam trabalhar em grupo, que tenham familiaridade com certas tecnologias e capacidade de resolver problemas que lhes são apresentados pela primeira vez (TSAI, 2010).

Na tentativa de atrair mais o interesse dos alunos, estimular o desenvolvimento

de qualidades variadas e de apresentar uma análise mais justa, foram preparadas quatro formas de avaliações distintas. Além de tentar entregar tudo que foi proposto, espera-se poder também tranquilizar o aluno quanto à sua aprovação na disciplina uma vez que ele deve sentir mais à vontade em pelo menos uma ou algumas formas de avaliação, assim como estimulá-lo a desenvolver outras características e habilidades não aperfeiçoadas caso ele queira ter um melhor desempenho no curso.

4.3.1 Cálculo da Média Final

Segundo o regimento geral da Universidade de São Paulo (USP, 1990), o aluno é aprovado em uma disciplina caso obtenha nota final igual ou superior a cinco e tenha, no mínimo, setenta por cento de frequência na disciplina. Para este curso, a média final do aluno será composta de quatro notas com pesos iguais, conforme demonstrado na equação (4.1).

$$MF = (NPv + NS + NPj + NAp)/4 \quad (4.1)$$

Dos quais:

- MF : Média final
- NPv : Nota da prova
- NS : Nota do desempenho em sala de aula
- NPj : Nota do projeto
- NAp : Nota da apresentação do projeto

Optou-se por colocar pesos iguais nas quatro formas de avaliação dos alunos por dois motivos principais: Primeiro para aliviar o grande peso psicológico e emocional que uma prova pode causar em um estudante caso sua aprovação na disciplina dependa exclusivamente dela, como uma avaliação única que valha 50% ou mais da nota final, bastante comum no ambiente de educação superior. Segundo para estimular diferentes habilidades de um aluno e incentivar que este busque ser um profissional mais completo, demonstrando habilidades que vão além de decorar conteúdos e aplicar fórmulas, mas que saiba também, por exemplo, como trabalhar em grupo e se expressar da maneira correta em público.

4.3.2 Projeto

O projeto é a parte central da disciplina, uma vez que todas as outras atividades, sejam as outras formas de avaliação, a aula expositiva do docente ou as discussões dos alunos em grupo giram em torno dela.

A sua concepção se inicia no desejo de propor uma metodologia diferente da educação bancária, explicada por Freire (1987), que ainda é amplamente utilizada. Segundo o autor, esse modelo de educação transforma os educandos em "vasilhas", recipientes que devem ser "enchidos" pelo educador, que implica no processo de aprendizagem em uma mera memorização mecânica. Aos alunos cabem as funções somente de receber, repetir e memorizar os conteúdos; o professor fica incumbido de depositar e transmitir seus conhecimentos. Uma forma de contrapor a metodologia bancária é por meio da interação na educação. Conforme apontado por Silva (2006), o desafio para a escola é justamente se adequar à cultura interativa, a um novo estilo de apreensão do conhecimento, digital e interativo.

Como forma de aderir a uma cultura interativa, é proposta não só a elaboração de um projeto, detalhado no Apêndice B, mas também que este seja trabalhado desde o início do semestre, tanto dentro como fora de sala de aula. No mesmo momento que é disponibilizado para os alunos o roteiro do projeto, é disponibilizada a rubrica para sua correção, conforme exposto no Quadro 6 do Apêndice C.

A proposta de PBL conta também com o papel ativo dos estudantes para que ocorra a aprendizagem, sendo que estes devem trabalhar em pequenos grupos para pesquisar e resolver um problema (ARAÚJO et al., 2014). Ao trabalhar em pequenos grupos, os alunos têm a oportunidade de evocar seus métodos de solução de problemas e saberes conceituais, expressas suas ideias e compartilhar a responsabilidade de administrar atividades, promovendo visões diferentes sobre um problema (RIBEIRO, 2019). Dessa forma, por meio do diálogo com seus pares, os estudantes adquirem novos conhecimentos e aprendem de forma significativa, ou seja, deixam de simplesmente serem reprodutores daquilo que já foi produzido.

Além da participação maior do aluno em metodologias PBL, também é necessária a introdução de novas tecnologias em sala de aula. A escola precisa acompanhar os processos de mudança na sociedade, em especial os vinculados aos avanços tecnológicos, que influenciam as nossas formas de viver e pensar (FERNANDES; SCHERER, 2016). Para tanto, da mesma forma que a proposta da disciplina foi feita em torno do projeto, a realização do projeto está centrada no uso de ferramenta computacional desenvolvida por Bielenki, Souza e Mauad (2015) detalhada na seção 4.8. Tal decisão foi tomada de acordo com o pensamento de Araujo et al. (2014), uma vez que a inserção de tecnologias no ensino além de ser um processo contínuo deve ser feito a partir de um novo modelo educativo e de ciência, considerando as dimensões complementares do conteúdo e da sua relação entre os docentes e discentes. Ainda seguindo a orientação dos autores, uma abordagem PBL usada em instituições que têm um papel formativo para o aluno devem incluir professores experientes no uso das ferramentas tecnológicas e que apresentem uma preocupação ética e de formação profissional para criar maneiras novas e mais eficientes de encorajar os

discentes a se tornarem cidadãos e profissionais comprometidos a formarem uma sociedade mais inclusiva.

4.3.3 Prova

A prova foi pensada para ser feita como uma avaliação de caráter somativo, ou seja, para analisar os conhecimentos adquiridos pelos alunos até então. Esses conhecimentos devem englobar tanto o que foi dado pelo professor na parte teórica da aula quanto o que era esperado que fosse aprendido fora da sala de aula.

O entendimento do conteúdo é de extrema importância para a disciplina pois é a partir dele que os alunos devem estar desenvolvendo o projeto. Por conta disso, é importante que a correção seja feita de maneira célere pelo docente, de preferência em uma única semana, assim como um rápido *feedback*, conforme descrito no [Quadro 5 do Apêndice A](#), para que os alunos saibam se possuem conhecimento suficiente para dar prosseguimento a elaboração do projeto ou se precisam de mais estudos antes de continuar.

Para realizar essa avaliação, foi proposto dois tipos de questões: as questões dissertativas e as questão de cálculo. Como mostrado no [Apêndice B - Roteiro para o projeto](#), é necessário entender tanto os princípios de funcionamento de um aproveitamento hidrelétrico bem como seus componentes, avaliado nas questões dissertativas, quanto calcular a potência do empreendimento e dimensionar os seus componentes, avaliado nas questões de cálculo. O [Quadro 7 do Apêndice D](#) e o [Quadro 8 do Apêndice E](#) demonstram o que é esperado do discente em cada um dos dois tipos de questão.

4.3.4 Desempenho em sala de aula

De acordo com [Maia \(2004\)](#), características de comportamento do aluno como a participação e a responsabilidade pelo estudo autônomo deveriam estar presentes no processo de ensino e aprendizagem mesmo em cursos nos moldes tradicionais. Tal pensamento alinha-se com o PBL uma vez que é esperado que o aluno assimile novos conceitos não só de maneira passiva através do professor mas também de maneira ativa através de pesquisas individuais a materiais disponibilizados pelo docente e a fontes externas além de participar de discussões em grupo, seja realizando questionamentos ou a respondendo dúvidas tanto dos colegas de seu grupo quanto do restante da sala. Para avaliar esses pontos assim como o andamento do projeto, é proposta a avaliação do desempenho em sala de aula.

Conforme demonstrado no [Quadro 9 do Apêndice F](#), essa forma de avaliação é dividida em duas: avaliação individual e avaliação em grupo. A primeira busca tanto o conhecimento adquirido quanto o seu querer aprender através da proatividade do aluno por meio de perguntas e respostas feitas ao seu grupo bem como a sua vontade de querer auxiliar os colegas dos outros grupos realizando discussões ou tirando dúvidas. A segunda

é focada na avaliação da projeto por meio do acompanhamento semanal da sua evolução e da busca e utilização dos materiais utilizados pelos discentes para a sua realização.

Através da divulgação das rubricas na primeira aula do semestre, conforme mostra o [Quadro 5](#), os alunos já sabem o que é esperado deles desde o início das aulas, direcionando os estudos e evitando frustrações.

4.3.5 Apresentação do projeto

A apresentação do projeto foi pensada para ir além dos alunos simplesmente mostrarem o resultado. As dificuldades encontradas pelos discentes durante a elaboração do trabalho, como as escolhas foram feitas durante sua execução e como foi o passo a passo da atividade são muito mais importantes do que a resposta final.

Para nortear a elaboração da apresentação, os alunos devem seguir o roteiro exposto no [Apêndice G](#). O roteiro, além de determinar o tempo de trinta minutos de apresentação e de sugerir o uso de recursos multimídia para facilitar a apresentação e ter um maior engajamento dos outros alunos que estão assistindo, separa o trabalho em duas frentes: preparação e execução. Essa divisão foi feita para, na primeira parte, dar a oportunidade ao aluno expor ao docente quesitos que podem não ter sido notados durante a avaliação de desempenho em sala de aula, bem como pontos que podem ter sido deixados de lado durante alguma explicação ou material disponibilizado pelo docente.

A avaliação da apresentação do projeto foi dividida em duas partes: a individual e a do material em conjunto com o conteúdo. A avaliação individual, apresentada no [Quadro 10](#) do [Apêndice H](#), julga vários pontos que, normalmente, são desprezados, como postura, segurança e uso correto da língua portuguesa, qualidades valorizadas tanto no mercado de trabalho quanto na vida pessoal. A avaliação do material e do conteúdo, mostrado no [Quadro 11](#) do [Apêndice I](#), busca de maneira geral verificar se o escopo do projeto foi cumprido bem como a qualidade do que foi apresentado e de como os recursos foram utilizados.

4.4 Rubricas

As rubricas partem de critérios estabelecidos especificamente para cada curso e para cada tarefa a ser executada pelos alunos e estes serão avaliados em relação a esses critérios (LUDKE, 2003).

Segundo Porto¹ (2008 *apud* LOBATO et al., 2009), os pontos mais importantes a partir das definições de rubrica são: as necessidades de serem feitas sob medida para as tarefas que se pretendem avaliar; a importância de se descrever níveis de desempenho na

¹ PORTO, S. **Rubricas**. otimizando a avaliação em educação online. 2008. Disponível em: <http://www.aquifolium.com/rubricas.html>. Acesso em: 24 de fev. de 2008.

realização de atividades específicas; permitir que os alunos possam avaliar seus próprios trabalhos antes de entregar para o professor; permitir que os alunos entendam melhor a nota que lhe está sendo atribuída e melhorar o desempenho dos discentes, uma vez que eles passam a saber em que devem focar seus esforços.

O [Quadro 4](#) descreve as características utilizadas durante a elaboração das rubricas para a correção das avaliações da disciplina.

Quadro 4 – Características de uma boa rubrica

Característica	Descrição
Facilidade	Com as rubricas torna-se fácil corrigir trabalhos complexos através de parâmetros pré-determinados
Objetividade	Acaba-se com a subjetividade na hora da avaliação
Gradativa	Explicações graduais de desempenho esperado do aluno em relação a uma atividade
Transparência	Permite ao aluno o controle do seu aprendizado e evita surpresas nas notas
Herança	A rubrica deve possuir as mesmas características do tipo de avaliação escolhida
Associativa	Verifica se os objetivos expostos pelo docente foram alcançados a partir da avaliação de desempenho do aluno
Padronização	Uniformiza a correção das avaliações permitindo alcançar habilidades mais complexas
Clarificação	Esclarece o que é esperado do aluno e serve de meio de comunicação do docente com os alunos

Fonte: Adaptado de [Biagiotti \(2005\)](#)

No [Apêndice C](#), [Apêndice D](#), [Apêndice E](#), [Apêndice F](#), [Apêndice H](#) e [Apêndice I](#) podem ser vistas todas as rubricas desenvolvidas exclusivamente para as avaliações propostas nesse trabalho para a disciplina SHS0115 - Aproveitamentos Hidrelétricos.

4.5 Feedback

Como era de se esperar, percebeu-se um aumento tremendo na participação dos alunos quando o *feedback* era dado poucos dias após a aplicação da avaliação, conforme será explicado no [Capítulo 5](#), ao invés de simplesmente informar a nota de uma avaliação próxima a aplicação da próxima ou, pior ainda, do informe no final do semestre junto com a média final.

Como a proposta é que os alunos tenham acesso a todas as rubricas desde o primeiro dia de aula e que suas notas sejam divulgadas rapidamente, o processo de realizar o *feedback* para os discentes se torna mais simples e menos subjetivo, tirando pressão de cima do processo de receber as notas bem como o torna toda avaliação muito mais justa.

Como mostrado no [Quadro 3](#), os *feedbacks* não serão dados somente após uma avaliação. Na primeira parte da aula, tanto o professor quanto o monitor darão *feedbacks* para os grupos de como o trabalho em equipe está sendo desenvolvido. Da mesma forma, na segunda parte da aula, é esperado que os discentes deem o *feedback* do andamento do projeto, gerando um ciclo de comunicação semanal entre todas as partes.

Fora essa comunicação rotineira, estão previstos quatro *feedbacks* mais estruturados conforme descrito em [Quadro 5](#). O primeiro deles é na quinta aula referente ao desempenho dos alunos em sala de aula na parte ativa, uma vez que a abordagem do PBL não é tão utilizada no curso e é esperado do discente um papel mais atuante do que o habitual. O segundo deles é na nona aula, entregando as notas das provas somente uma semana após a sua realização, de forma que os alunos possam perceber seus erros o mais rápido possível e tenham tempo hábil de aprender com eles. O restante dos *feedbacks* são no último dia de aula, sendo que um é do docente e do monitor para os alunos sobre as apresentações e do projeto feito ao longo do semestre e o outro é dos discentes para os responsáveis pela disciplina avaliando os pontos positivos e negativos da disciplina como um todo.

Esse processo, embora seja mais trabalhoso que o convencional de somente entregar as notas para os alunos, altera completamente a dinâmica da disciplina. Os discentes ficam menos ansiosos com suas notas e se sentem encorajados a estudar pois sabem que o seu trabalho não será em vão uma vez que estão sendo avaliados constantemente, assim como compreendem onde estão seus erros e acertos ao decorrer das aulas. A disciplina e seus responsáveis também recebem *feedback* dos alunos, demonstrando que eles também têm voz e que sempre se busca a melhoria do trabalho docente.

4.6 Ementa

A ementa ou programa da disciplina é um documento da universidade que é exclusivo para cada disciplina, seja ela obrigatória ou optativa, que contém informações que o professor responsável deve seguir bem como informa ao aluno o objetivo da matéria bem como a sua forma de avaliação. Dentre o seu conteúdo pode ser destacado o número de créditos aula e de trabalho, a carga horária total, seu objetivo, seu programa, o método de avaliação e a bibliografia.

Para contemplar as mudanças propostas neste trabalho, foi necessário alterar a ementa da disciplina. Sua alteração foi proposta em 2019 em conjunto pelo autor e pelo responsável pela matéria e passou por diversos colegiados da universidade até ter sua aprovação e ativação no dia primeira de janeiro de 2020. A ementa antiga pode ser vista na [Figura 13](#) enquanto a nova está na [Figura 14](#).

Como apontando na [seção 4.2](#), a proposta deste trabalho é que a utilização desta metodologia seja introduzida aos poucos, de modo gradual, tanto devido a falta de

experiência do docente com o método quanto uma possível resistência dos alunos a uma metodologia tão diferente do habitual. Dada a necessidade de preparação do docente e do monitor responsáveis para a sua implementação, a nova ementa foi pensada para ser flexível e não impor a utilização do método caso os responsáveis não estejam prontos.

No método de avaliação fica clara a distinção entre práticas, que podem ser visitas ao laboratório ou uma viagem de campo a uma PCH, e aulas teóricas expositivas, que podem ter recursos computacionais como ferramenta de auxílio na aprendizagem. Fica explícito também o papel dos alunos que deixa de ser somente de fazer exercícios e provas e passa a ser mais atuante por ele ter que participar de maneira mais ativa na sala de aula.

O critério de avaliação também muda, passando de um valor fixo para as notas de seminário e provas para uma média ponderada das notas da participação em aula, da prova, da elaboração e da apresentação do projeto, tornando a transição do ensino tradicional para a aprendizagem ativa ainda mais flexível.

4.7 Monitor

Por conta da disciplina conter quatro métodos de avaliação distintos, *feedbacks* detalhados sobre cada uma destas atividades, possuir em quase todas as aulas partes nas quais os alunos devem participar ativamente e serem guiados na direção correta, ter visita técnica, dentre outras características operacionais inerentes da aplicação do PBL, é de suma importância que ela conte com um monitor, estagiário PAE ou professor auxiliar para ajudar o docente responsável em diversos momentos ao longo do semestre.

Para o caso específico da USP, o estagiário PAE pode, durante as suas seis horas de dedicação semanais, exercer funções como estudos dirigidos, discutir tópicos em pequenos grupos, aplicar provas e exercícios, participar de seminários e organizar plantões para elucidar dúvidas (USP, 2005). Todas essas responsabilidades são fundamentais para a aplicação do PBL e a participação do monitor auxilia o docente a realizar a grande quantidade de atividades previstas e acompanhar o trabalho de todos os grupos.

Além de despender três horas em sala por semana durante a aula da disciplina, é essencial que o monitor tenha livre horários para realizar plantões de dúvidas todas as semanas, uma vez que o curso foi estruturado de maneira que o aluno tenha que pesquisar e trabalhar no projeto constantemente e, no eventual surgimento de dúvidas, elas devem ser sanadas o mais rápido possível para não desestimular o aluno e afetar seu processo de aprendizagem. A maneira habitual de se realizar o plantão de dúvidas é através da escolha de um dia e horário fixo para receber os alunos em uma sala de aula pré-estabelecida, porém, conforme indica a grade curricular do curso de Engenharia Elétrica (USP, 2019a), a partir do sexto período os alunos tem um leque grande de disciplinas optativas eletivas para escolher, o que faz com que cada aluno tenha uma grade distinta e, portanto, horários livres

diferentes. Logo, sugere-se que o monitor tenha flexibilidade para marcar diferentes dias e horários para os plantões de dúvidas em função da demanda estabelecida diretamente pelos alunos. Fora esses horários fixos, é importante também prever uma comunicação assíncrona, por e-mail ou alguma outra plataforma de escolha, no caso de alunos que não tenham disponibilidade no horário previsto e também por ser uma maneira mais rápida de comunicação pois o discente não precisa esperar até um determinado dia e horário para entrar em contato.

Na [seção 5.5](#) há depoimentos de alunos da disciplina que discorrem sobre a importância do monitor no curso.

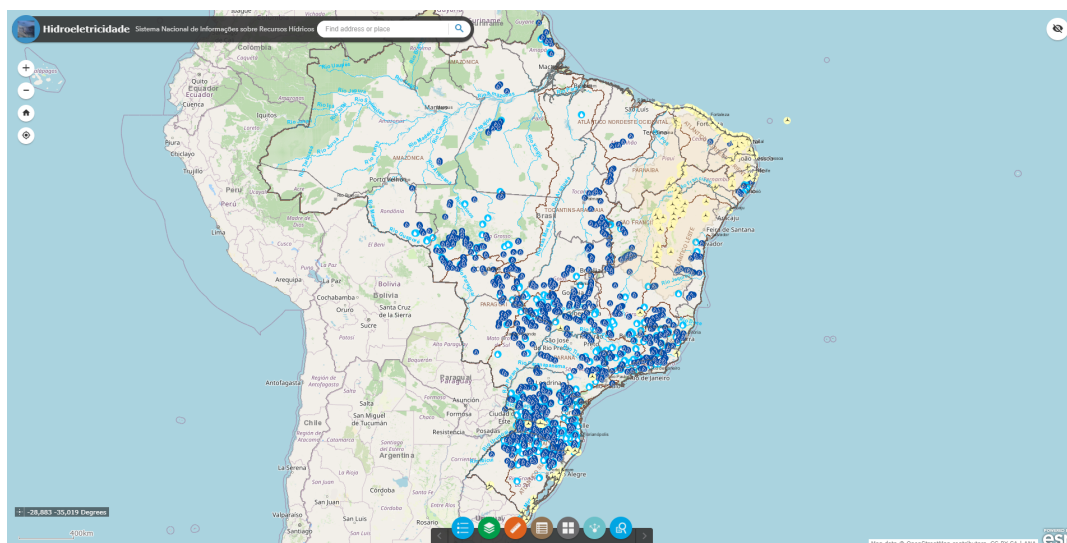
4.8 Ferramenta computacional e coleta de dados

Na elaboração do projeto, conforme descrito em [Apêndice B](#), é requerido que os alunos recolham informações de bases de dados topográficas, como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) ou Google Earth, e hidrológicas, como Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), Hidroweb ou Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), e que utilizem a ferramenta computacional desenvolvida por [Bielenki, Souza e Mauad \(2015\)](#).

Embora seja uma habilidade importante saber encontrar dados corretos e confiáveis na rede, como o SNIRH da [Figura 7](#), esse não é um dos pontos relevantes para esta disciplina. O propósito principal é que o aluno aprenda os conceitos básicos e procedimentos práticos aplicados ao projeto de uma usina hidrelétrica de baixa potência. Entretanto, para atingir esse objetivo, o aluno de engenharia elétrica precisa sair da sua área de expertise para coletar esses dados.

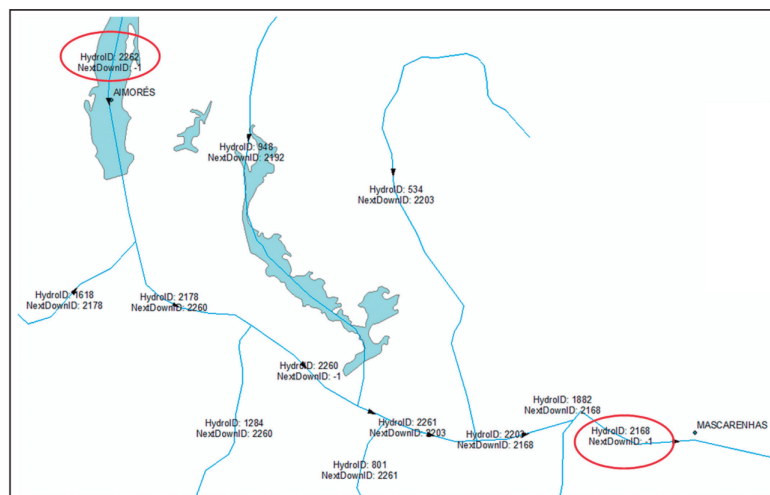
Outro possível ponto de atrito da disciplina pode ser a utilização da ferramenta computacional desenvolvida por [Bielenki, Souza e Mauad \(2015\)](#). Seu uso requer também a instalação e o manuseio do software ArcGIS e o aluno de engenharia elétrica não possui nenhuma outra matéria que a use em seu currículo. Para tanto, é fundamental que tanto o professor responsável quanto o monitor da disciplina despendam um tempo razoável da aula explicando a instalação e a utilização da ferramenta, bem como ficando disponíveis no tempo extra classe para que os alunos não se sintam desencorajados e consigam transpor esse desafio. A [Figura 8](#) demonstra a modelagem de vazão utilizando a ferramenta.

Figura 7 – Setor elétrico do país com foco nos aproveitamentos hidroenergéticos



Fonte: ANA (2021)

Figura 8 – Modelagem da vazão considerando reservatórios



Fonte: Bielenki, Souza e Mauad (2015)

É de extrema importância que tanto o professor quanto o monitor auxiliem os alunos na coleta dos dados e na utilização do *software* para rodar a ferramenta computacional, pois ambos assuntos são secundários no escopo da disciplina. Eles são apenas meios para atingir um objetivo maior, da mesma maneira que os discentes devem focar suas energias na aprendizagem dos conceitos primários da disciplina.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Embora todo o material feito para a disciplina de Aproveitamentos Hidrelétricos, como os roteiros das atividades e a rubricas para sua correção, bem como a proposta do PBL, com um problema no centro do aprendizado, não tenham sido aplicados em conjunto para uma turma da Engenharia Elétrica, o autor pôde testar os métodos separadamente nas disciplinas que ele foi monitor PAE com o consentimento e auxílio do professor responsável pelas matérias.

Nas seções deste capítulo são detalhados os métodos e ferramentas utilizadas nas disciplinas SHS0103 - Máquinas Hidráulicas, ministrada para o sexto período do curso de Engenharia Mecânica no segundo semestre de 2018, e SHS0115 - Aproveitamentos Hidrelétricos, ministrada para o sétimo período do curso de Engenharia Elétrica no primeiro semestre de 2019, bem como o aprendizado obtido com suas aplicações que levou para a proposta deste trabalho.

5.1 Avaliação

Ao invés de realizar duas provas, uma no meio do semestre e outra no final, como é de costume em boa parte das disciplinas da graduação, foi decidido aumentar o número de avaliações e diversificar o seu tipo. Isso foi pensado de maneira a diminuir o estresse e a pressão causados aos alunos quando uma única avaliação tem uma importância muito grande na sua nota final, bem como valorizar outros atributos além da simples memorização.

A disciplina Máquinas Hidráulicas, como mostra a [Figura 15](#), possui quatro créditos aula, o que se traduzia em dois dias de aula por semana: às segundas-feiras das 14h20 às 16h00 e às quartas-feiras das 16h20 às 18h00. Como havia trinta aulas ao longo do semestre, foi possível aplicar diversas avaliações, tanto em quantidade quanto em variedade. Foram dados oito exercícios para serem feitos em sala de aula, um relatório das aulas práticas dadas no laboratório, dois seminários e duas provas. Os exercícios e as provas foram realizados individualmente enquanto o relatório e os seminários foram feitos em grupo. O cálculo da média final pode ser visto na equação (5.1).

$$MF = 0,1 * Ex + 0,1 * Rel + 0,15 * S1 + 0,15 * S2 + 0,25 * P1 + 0,25 * P2 \quad (5.1)$$

Dos quais:

- *MF*: Média final
- *Ex*: Média dos exercícios feitos em sala

- *Rel*: Nota do relatório das aulas práticas
- *S1*: Nota do Seminário 1
- *S2*: Nota do Seminário 2
- *P1*: Nota do Prova 1
- *P2*: Nota do Prova 2

A disciplina Aproveitamentos Hidrelétricos, como mostra a [Figura 14](#), possui três créditos aula, o que se traduzia em uma única aula por semana: às segundas-feiras das 13h20 às 16h00. Como havia somente quinze aulas ao longo do semestre, a quantidade de avaliações foi reduzida quando comparadas à disciplina Máquinas Hidráulicas. Foi dada uma prova, única atividade individual, um seminário e um projeto, cuja realização foi possível devido a existência de dois créditos de trabalho presentes na disciplina. O cálculo da média final pode ser visto na equação (5.2).

$$MF = 0,4 * Pv + 0,3 * S + 0,3 * Pj \quad (5.2)$$

Dos quais:

- *MF*: Média final
- *Pv*: Nota do Prova
- *S*: Nota do Seminário
- *Pj*: Nota do Projeto

Para ambas as disciplinas, a nota do seminário foi dividida igualmente em duas: a nota individual, que avalia a apresentação, o uso correto da língua portuguesa, a segurança e a postura de cada aluno; e a nota do grupo como um todo, que avalia os tópicos abordados, o conteúdo, a qualidade da apresentação e os recursos multimídia utilizados. A aplicação desse modelo resultou no modelo de rubricas visto no [Apêndice H](#) e no [Apêndice I](#).

Decidiu-se dividir a nota seminário por dois motivos. O primeiro foi o de avaliar habilidades do aluno que podem ser facilmente negligenciadas pelo docente, como a preparação para uma apresentação e a postura e a habilidade de comunicação do aluno. O segundo foi de tornar cada um mais responsável por suas ações uma vez que uma nota única para um grupo inteiro de alunos não representa o esforço colocado individualmente, algo que é extremamente difícil de ser avaliado em um trabalho em grupo.

As rubricas não só tornam o trabalho do professor de corrigir as avaliações mais fácil como também torna todo o processo muito mais justo. As rubricas de todas as atividades

foram produzidas e aplicadas para ambas as disciplinas, porém, não foram divulgadas previamente aos alunos; elas foram mostradas somente durante a revisão das notas. De modo a tornar o processo de avaliação e correção o mais transparente possível, decidiu-se propor a disponibilização das rubricas desde o primeiro dia de aula a partir das próximas ofertas das disciplinas.

A correção avaliações sempre foram uma prioridade do professor e do monitor responsável. Quanto maior a demora da correção e da disponibilização das notas das avaliações, maior é o tempo entre o contato inicial do aluno com certo novo tema de aprendizado e a percepção de que ele não o compreendeu ou o assimilou completamente, fato que só fica evidenciado na devolutiva da nota para o discente. Foi estipulado como prazo máximo de correção o período de uma semana entre a aplicação e a disponibilização das notas que foi cumprido quase que em sua totalidade, quando a nota não era entregue até antes do limite.

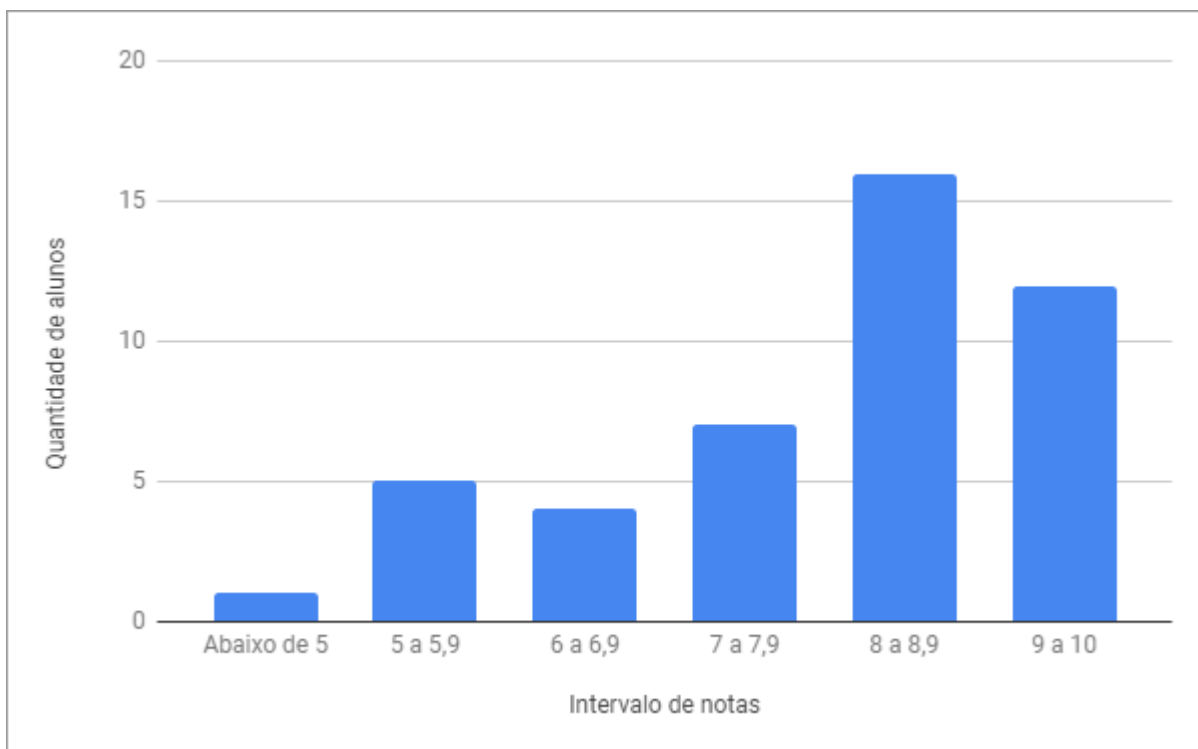
As notas de todos os alunos, bem como todo material auxiliar da disciplina, foram disponibilizados em uma pasta do Google Drive (GOOGLE, 2021) em uma planilha que os discentes tinham acesso a qualquer momento e que era atualizado no momento em que a atividade era terminada de ser corrigida. No caso de uma prova, por exemplo, não era divulgada somente a nota final do aluno, mas sim o quanto ele acertou em cada exercício. No caso dos seminários que possuíam tanto a nota individual quando a nota do grupo, ambas eram expostas, além de ter discriminado a nota individual de cada um dos quesitos avaliados. Como o cálculo de média final já havia sido apresentado desde o primeiro dia de aula, também havia uma aba na planilha que indicava a nota final parcial de todos os alunos, que era atualizada automaticamente conforme ela era preenchida com as notas das atividades ao longo do semestre.

5.2 Desempenho dos alunos

Na oferta da disciplina de Máquinas Hidráulicas para Engenharia Mecânica, o desempenho dos alunos foi muito bom. A turma possuía quarenta e cinco alunos, a média das notas finais foi 7,9, um único aluno tirou nota máxima, doze ficaram com notas acima de nove, mais da metade ficaram com notas acima de oito e um único aluno foi reprovado. A distribuição das notas finais da disciplina pode ser vista na [Figura 9](#).

Como a disciplina teve um número muito alto de atividades ao longo do semestre (oito exercícios feitos em sala de aula ou em casa, um relatório, duas provas e dois seminários), era esperado que houvesse uma alta taxa de não entrega de atividades, principalmente dos exercícios. Entretanto, a taxa foi muito menor do que o esperado: Um aluno (2,2%) faltou a primeira prova, dois (4,4%) faltaram a segunda, seis alunos (13,3%) não entregaram o relatório e dos trezentos e sessenta exercícios esperados tivemos somente um total de sessenta e sete (18,61%) não entregues.

Figura 9 – Distribuição das notas finais da disciplina Máquinas Hidráulicas



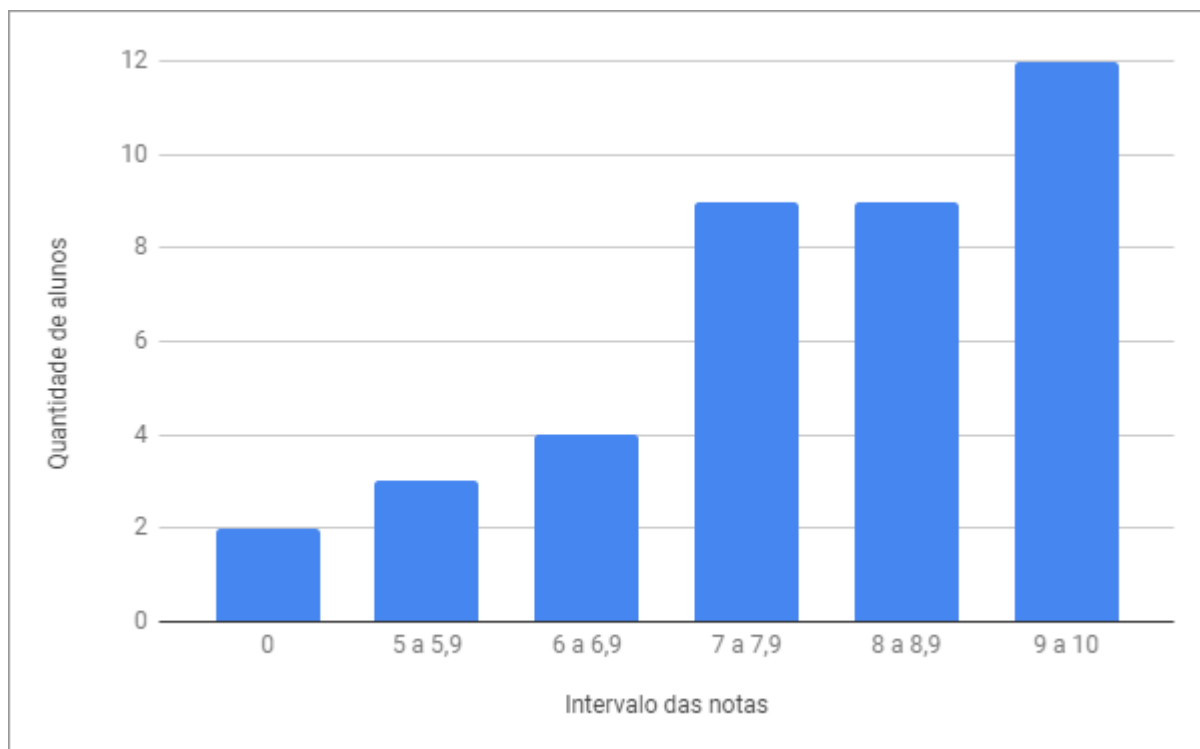
Fonte: Elaborado pelo autor

A taxa média de presença dos alunos nas aulas também foi alta, cerca de 87,3%, e não houve nenhum trancamento. O único aluno que foi reprovado teve somente 40,0% de presença, o que por si só já o reprovava pois o mínimo exigido pela universidade é 70,0%. Porém, ele também foi reprovado por nota, pois só realizou alguns exercícios em sala de aula, deixando de participar dos seminários, não entregou o relatório e não fez nenhuma das provas.

Para a oferta da disciplina de Aproveitamentos Hidrelétricos para Engenharia Elétrica, o desempenho dos alunos foi bastante similar à disciplina anterior. A turma possuía trinta e sete alunos, a média das notas finais foi oito, um único aluno tirou nota máxima, doze ficaram com nota acima de nove, mais da metade ficaram com notas acima de oito e dois alunos foram reprovados. A distribuição das notas finais da disciplina pode ser vista na [Figura 10](#).

A disciplina de Aproveitamentos Hidrelétricos possuiu menos atividades que a de Máquinas Hidráulicas, sendo somente uma prova, um seminário e um projeto. Somente dois alunos (5,4%) não fizeram nenhuma dessas atividades, sendo que eles reprovaram a matéria não só por nota como também por falta.

Figura 10 – Distribuição das notas finais da disciplina Aproveitamentos Hidrelétricos



Fonte: Elaborado pelo autor

5.3 Ferramenta computacional

Na oferta da disciplina de Aproveitamentos Hidrelétricos no ano de 2016, foi feita uma tentativa de aplicar a ferramenta computacional feita por [Bielenki, Souza e Mauad \(2015\)](#) para o curso de Engenharia Elétrica. Porém, como o professor nunca tinha utilizado a ferramenta em sala de aula e os alunos não possuíam conhecimento prévio nem de ArcGIS, hidrologia e topografia a proposta de utilizar a ferramenta foi abandonada devido a alta carga cognitiva demandada no seu uso.

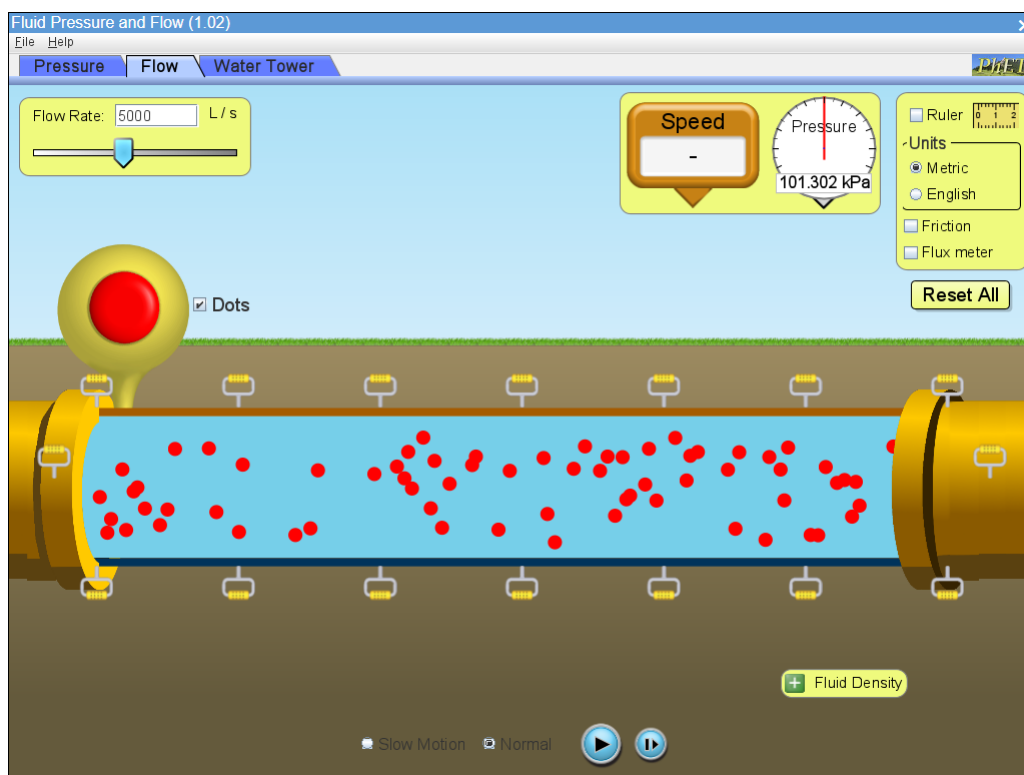
Como forma de aprender a utilizar ferramentas computacionais em sala de aula, foi feito um experimento em menor escala no curso de Engenharia Mecânica, no segundo semestre de 2018 na disciplina SHS0103 - Máquinas Hidráulicas. A ferramenta escolhida foi o simulador PhET e o seu uso foi em um tópico específico da disciplina, de modo com que os responsáveis pudessem testar sua utilização de maneira pontual e diminuir uma possível resistência por parte dos alunos além de um impacto negativo no aprendizado caso a experiência não fosse agradável.

O PhET provê simulações matemáticas e de ciências que são grátis e interativas, sendo que cada uma é testada e avaliada para garantir a eficácia educacional e que são

desenvolvidas a partir de certos princípios, como encorajar a busca científica, visualizar modelos mentais, incluir diversas representações, usar conexões com o mundo real e criar uma simulação que pode ser flexível o suficiente para ser utilizada em diversas situações educacionais (PHET, 2021a).

Nas primeiras aulas de Máquinas Hidráulicas é feita uma recapitulação de princípios básicos de hidráulica. Para ilustrar os conceitos de conservação de energia, quantidade de movimento e a equação de Bernoulli a partir dos dados de vazão, pressão, velocidade e densidade foi utilizada uma simulação, conforme [Figura 11](#), que possuía uma tubulação com um fluxo de água no qual era possível controlar a vazão, a largura da tubulação e a densidade do fluido e medir a velocidade e a pressão em qualquer ponto do fluxo (PHET, 2021b).

Figura 11 – *Fluid, Pressure and Flow*



Fonte: PhET (2021b)

O PhET foi introduzido aos alunos após o término da explicação do conteúdo teórico dos princípios básicos de hidráulica. Seu uso foi feito em sala de aula pelo monitor da disciplina como forma de visualizar a teoria que tinha sido apresentada até então e de verificar se os alunos tinham compreendido o conteúdo através de proposições de diferentes simulações e perguntando aos discentes o que ocorreria em cada situação. Junto

do professor responsável, era visto em tempo real o que uma alteração nos valores de vazão, largura ou densidade causava no sistema apresentado.

Os alunos aprovaram a iniciativa da utilização da simulação pois através dela foram visualizados os conceitos teóricos aprendidos anteriormente e foi percebido o impacto da alteração das variáveis em tempo real, pondo na prática teoremas e fórmulas ensinados ao longo da vida do aluno.

5.4 Monitor

O professor universitário de uma instituição pública de ensino tem diversas outras responsabilidades além de ministrar aulas para os cursos de graduação como participar de órgãos deliberativos da universidade, na pós-graduação lecionar disciplinas e orientar alunos, atender e organizar simpósios, dentre outras. Dessa forma, um dos momentos em que a disponibilidade de um monitor para a disciplina é importante se dá na eventual indisponibilidade do docente para um dos seus compromissos.

Acredita-se também que o monitor, seja ele um aluno da pós-graduação ou ainda da graduação, é alguém que pode ter mais facilidade para se relacionar com os alunos da disciplina por estar mais próximo da realidade deles, pode se identificar com mais facilidade e ter mais empatia com a sua situação.

Sua participação também é crucial para auxiliar o professor responsável a corrigir os exercícios, avaliações e projetos e o mais rápido possível para disponibilizar as notas o quanto antes para que os alunos tenham tempo hábil de reconhecer os seus erros e possam aproveitar melhor as aulas e a presença do docente e do monitor para tornar o processo de aprendizagem mais eficaz.

Nas disciplinas de Máquinas Hidráulicas e de Aproveitamentos Hidrelétricos para os cursos de graduação em Engenharia Mecânica e Engenharia Elétrica, respectivamente, que o autor foi monitor, o *feedback* dos alunos foi muito positivo em relação às suas ações e a sua presença.

5.5 Feedbacks dos alunos

A Secretaria Acadêmica de Engenharia Elétrica (SA-SEL) e a Secretaria Acadêmica da Engenharia Mecânica (SAMECA) da USP São Carlos são entidades representativas dos alunos dos seus respectivos cursos de graduação e ambas realizam avaliação das disciplinas que são ministradas para o seu curso. A avaliação tem perguntas de múltipla escolha para serem respondidas pelos alunos que cursaram a disciplina naquele semestre que leva em consideração diversos pontos como didática, disponibilidade, material utilizado, referências bibliográficas, ferramentas de ensino, aulas, avaliações, exercícios e provas, dentre outros.

Em ambas disciplinas que o autor foi monitor, Máquinas Hidráulicas no segundo semestre de 2018 e Aproveitamentos Hidrelétricos no primeiro semestre de 2019, a avaliação dos alunos foi extremamente positiva. A SA-SEL, inclusive, faz um ranking das melhores disciplinas avaliadas todo semestre e a de Aproveitamentos Hidrelétricos foi eleita a quarta melhor do primeiro semestre de 2019, realizando inclusive uma cerimônia para premiar os professores melhores colocados. Na [Figura 12](#) temos os professores melhores avaliados recebendo a homenagem.

Figura 12 – Premiação das melhores avaliações no primeiro semestre de 2019 da Engenharia Elétrica. Na fileira de cima, segunda pessoa da esquerda para à direita, o professor Frederico Fábio Mauad, responsável pela disciplina Aproveitamentos Hidrelétricos



Fonte: [Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação - SEL \(2019\)](#)

As duas secretarias acadêmicas compilaram os resultados das suas avaliações e apresentaram um relatório para o professor responsável da disciplina como forma de *feedback*. Embora para Engenharia Mecânica não houvesse nenhuma pergunta relacionada a presença de um monitor¹, no caso da Engenharia Elétrica havia uma pergunta sobre a necessidade de um monitor para a disciplina que 94,1% dos alunos responderam afirma-

¹ Secretaria Acadêmica de Engenharia Mecânica. **Avaliação do Professor**. Destinatário: Frederico Fábio Mauad. [São Carlos], 31 de ago. 2019. 1 mensagem eletrônica

tivamente². No caso da Engenharia Mecânica, vinte alunos responderam a avaliação. Já para Engenharia Elétrica, dezessete alunos responderam. O compilado das respostas dos alunos da disciplina de Máquinas Hidráulicas e de Aproveitamentos Hidrelétricos pode ser visto, respectivamente, em [Tabela 1](#), através de notas que vão de Excelente à Ruim, e em [Tabela 2](#), através de notas que vão de cinco (Excelente) a um (Ruim).

Tabela 1 – Compilado das respostas dos alunos da Engenharia Mecânica da disciplina de Máquinas Hidráulicas

Pergunta / Quantos alunos responderam	Excelente	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
Didática	35%	55%	10%	0%	0%
Relacionamento com os alunos	95%	5%	0%	0%	0%
Flexibilidade	85%	15%	0%	0%	0%
Contextualização da disciplina	80%	20%	0%	0%	0%
Coerência com o conteúdo abordado	95%	5%	0%	0%	0%

Fonte: Secretaria Acadêmica de Engenharia Mecânica. **Avaliação do Professor**. Destinatário: Frederico Fábio Mauad. [São Carlos], 31 de ago. 2019. 1 mensagem eletrônica

Tabela 2 – Compilado das respostas dos alunos da Engenharia Elétrica da disciplina de Aproveitamentos Hidrelétricos

Pergunta / Quantos alunos responderam	5	4	3	2	1
A ementa da disciplina foi cumprida?	94,1%	5,9%	0%	0%	0%
Os assuntos abordados foram condizentes com a ementa?	88,2%	11,8%	0%	0%	0%
Os assuntos cobrados foram abordados em aula?	94,1%	5,9%	0%	0%	0%
A avaliação estava coerente com a lista de exercícios?	88,2%	5,9%	5,9%	0%	0%
Houve tempo hábil para a realização das avaliações?	82,4%	17,6%	0%	0%	0%

Fonte: Secretaria Acadêmica de Engenharia Elétrica. **Feedback AvaliaSEL**. Destinatário: Frederico Fábio Mauad. [São Carlos], 22 de out. 2019. 1 mensagem eletrônica

Abaixo encontram-se alguns dos depoimentos dos alunos feitos na sua respectiva avaliação:

“Gostei muito desta disciplina! Acho que não só Professor, mas também o Monitor de Máquinas Hidráulicas merece elogios por também ser bem atencioso e preocupado com o aprendizado da turma. A visita à Usina do Lobo foi muito interessante também. Esta é uma das raríssimas matérias do nosso curso em que o professor consegue manter um relacionamento saudável com os alunos e vice-versa, fazendo a disciplina bem mais

² Secretaria Acadêmica de Engenharia Elétrica. **Feedback AvaliaSEL**. Destinatário: Frederico Fábio Mauad. [São Carlos], 22 de out. 2019. 1 mensagem eletrônica

descomplicada e mais prática também, com os Laboratórios de Hidráulica e todo o conteúdo da disciplina em apresentações de PowerPoint. Só tenho elogios para o Prof. Fred e o Monitor Carlos pela disciplina por eles ministrada!"

"O professor se demonstrou deveras interessado com o aprendizado da turma, inclusive realizando uma visita técnica que contribuiu de forma ótima com o aprendizado. Injusto seria creditar tudo ao professor, com efeito o monitor também fez um ótimo trabalho complementando o aprendizado da matéria. All in all 10/10."

"O professor teve um relacionamento ótimo com os alunos e seu monitor/orientado foi extremamente atencioso."

6 CONCLUSÃO

Há vinte anos já era falado que os alunos de engenharia deviam desempenhar um papel ativo na construção do seu próprio conhecimento e aquisição de experiência. Com as novas DCNs da engenharia, além de termos mais explícito o uso de metodologias para aprendizagem ativa, como maneira de promover uma educação mais centrada no aluno, também é discutida a utilização de novas tecnologias, a capacidade do aluno de saber se expressar adequadamente, de gerenciar projetos e de aprender a aprender, características e habilidades que são estimuladas através das proposições deste trabalho.

Esse projeto iniciou-se com diferentes ferramentas e abordagens em disciplinas da graduação dos cursos de engenharia elétrica e mecânica. Alguns exemplos são correções céleres, *feedbacks* constantes, projetos e atividades que os discentes deveriam agir de forma mais independente, utilização de ferramentas computacionais em sala de aula e diversas formas de avaliações diferentes. Tais práticas podem ser utilizadas inclusive no ensino tradicional e trazem bons resultados no engajamento e na aprendizagem do aluno.

Indo além do uso das ferramentas testadas nos cursos de engenharia, o trabalho propôs o uso de PBL para a disciplina de Aproveitamentos Hidrelétricos. Ele também reformulou o cronograma de modo a conter ora partes focadas no docente ora partes focadas nos alunos. Também foi preconizada a utilização de rubricas para correção das atividades como forma de deixar o processo mais transparente e colocar o aluno no centro do seu processo de aprendizagem.

Embora o trabalho tenha focado em disciplinas dos cursos de engenharia elétrica e mecânica, cursos que correspondem a cerca de 25% das engenharias ativas no Brasil, o cerne do trabalho pode ser generalizado para outros cursos de engenharia ou ainda de outras áreas. Além de possibilitar a modernização dos cursos para atender as mudanças propostas nas DCNs de engenharia, o projeto permite a capacitação dos alunos para se tornarem melhores profissionais no mercado de trabalho.

7 RECOMENDAÇÕES

- Aplicar a metodologia proposta neste trabalho para a disciplina de Aproveitamentos Hidrelétricos seguindo o plano de ensino e utilizando o material preparado constituído de rubricas e roteiros;
- Adaptar o programa desenvolvido por [Bielenki, Souza e Mauad \(2015\)](#) facilitando a sua utilização, através de abstrações gráficas para não ser necessária a utilização manual do software ArcGIS;
- Utilizar um Ambiente Virtual de Aprendizagem como Google Classroom ou Moodle para concentrar a comunicação assíncrona com os alunos, materiais extras, notas e *feedbacks* em uma única plataforma especializada;
- Criar formulários de *feedbacks* próprios para que os alunos possam respondê-los ao longo do semestre para que ajustes pontuais possam ser feitos rapidamente, permitir a comparação da oferta da disciplina ao longo dos anos e poder fazer experimentos e medir o seu impacto no aprendizado.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Relatório de segurança de barragens 2011**. Brasília, 2013. 95 p.

_____. **Relatório de segurança de barragens 2017**. Brasília, 2018. 81 p.

_____. **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos**. 2021. Disponível em: <<https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=5094e51beb90418aab741d9dc56ddeb9>>. Acesso em: 01 jan. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 2. ed. Brasília: ANEEL, 2005. 243 p. ISBN 85-87491-09-1. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2005_AtlasEnergiaEletricaBrasil2ed/06b7ec52-e2de-48e7-f8be-1a39c785fc8b>.

_____. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: ANEEL, 2008. 236 p. ISBN 978-85-87491-10-7. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>>.

_____. **BIG - Banco de Informações de Geração**. 2019. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

_____. **SIGA - Sistema de Informações de Geração da ANEEL**. 2021. Disponível em: <<https://bit.ly/2IGf4Q0>>. Acesso em: 11 jul. 2021.

ALBANESE, M.; MITCHELL, S. Problem-based learning: A review of literature on its outcomes and implementation issues. **Academic Medicine**, v. 68, n. 1, 1993.

AMORAS, R. C. et al. Aprendizagem ativa: Revisão da literatura por meio do enfoque meta-analítico. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 37, n. 2, p. 176–184, 2018.

ANDRADE, H.; DU, Y. Student perspectives on rubric-referenced assessment. **Practical Assessment, Research and Evaluation**, v. 10, n. 3, p. 11, 2005.

ARAÚJO, U. F. et al. The reorganization of time, space, and relationships in school with the use of active learning methodologies and collaborative tools. **ETD - Educação Temática Digital**, Campinas, SP, v. 16, n. 1, p. 84–99, 2014. ISSN 1679-2592.

ASSIS, M. P. **PBL, Grupos Colaborativos e Assembleia Escolar**: integração de ensino, prática docente e pesquisa no âmbito da formação de educadores. Cali, Colômbia: International Conference PBL, 2012. 13 p.

BATISA, Z. N.; KERBAUY, M. T. M. A gênese da extensão universitária brasileira no contexto de formação do ensino superior. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 13, n. 3, p. 916–930, 2018. ISSN 1982-5587. Doi:10.21723/riaee.v13.n3.2018.11178.

BENVENUTTI, C. D. S.; CENI, D. B. F.; MACHADO, D. P. Programa conversa acadêmica: a tecnologia na educação contemporânea. In: BENVENUTTI, C. D. S.; MOCELIN, M. R. (Ed.). **Vozes da Pedagogia: da formação docente às tecnologias**. Curitiba: Appris, 2017. p. 102–115.

BIAGIOTTI, L. C. M. **Avaliação em EAD: procedimentos de avaliação educacional em cursos de longa distância da Marinha do Brasil**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências Pedagógicas) — Instituto Superior de Estudos Pedagógicos, Rio de Janeiro, 2004.

BIAGIOTTI, L. C. M. Conhecendo e aplicando rubricas de avaliações. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA, 12., Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: ABED, 2005. Disponível em: <<http://www.abed.org.br/congresso2005/por/pdf/007tcf5.pdf>>. Acesso em: 25 de jun. de 2021.

BIELENKI, C. J. **Metodologia alternativa ao preenchimento de falhas para a geração de séries de precipitação mensal média de forma automatizada em ambiente SIG**. 2018. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) — Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

BIELENKI, C. J.; SOUZA, F. A. O.; MAUAD, F. F. Gis automation for spatialization of water availability. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 38, n. 2, p. 47–55, 2015. ISSN 0101-9759.

BONWELL, C. C.; EISON, J. A. **Active Learning: creating excitement in the classroom**. Relatório nº1 ASHE-ERIC para Educação no Ensino Superior, Washington, DC: George Washington University, 1991. 121 p.

BORREGO, M. J. et al. **Student Perceptions of Instructional Change in Engineering Courses: A Pilot Study**. Indianápolis, Indiana: ASEE Annual Conference and Exposition, 2014. 13 p.

BOUD, D.; FELETTI, G. **The challenge of problem-based learning**. 2. ed. Londres: Kogan Page Limited, 1997. 348 p. ISBN 978-0-7494-2560-9.

BRASIL. Decreto n. 19.851 de 11 de abril de 1931. **Diário Oficial da União**, 15 abr. 1931. Seção 1, p.5800.

_____. **Diretrizes curriculares nacionais dos cursos de engenharia**. Brasília: Parecer nº 1362/2001, 2001. 8 p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1362.pdf>>. Acesso em: 29 de jun. de 2021.

_____. Lei nº 11.096, de 13 de janeiro de 2005. institui o programa universidade para todos - prouni, regula a atuação de entidades beneficentes de assistência social no ensino superior; altera a lei nº 10.891, de 9 de julho de 2004, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 13 jan. 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11096.htm>. Acesso em: 29 jun. 2021.

_____. Lei nº 12.711, de 29 de agosto de 2012. dispõe sobre o ingresso nas universidades federais e nas instituições federais de ensino técnico de nível médio e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 29 ago. 2012. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12711.htm>. Acesso em: 29 jun. 2021.

BRASIL. Brasil: Ministério da Educação e Cultura, 2016. Programa Universidade para Todos. Disponível em: <<http://sisfiesportal.mec.gov.br/>>. Acesso em: 29 jun. 2021.

BRASIL. UAB: Universidade Aberta do Brasil, 2016. Universidade Aberta do Brasil. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/uab>>. Acesso em: 29 jun. 2021.

_____. **Diretrizes curriculares nacionais do curso de graduação em engenharia**. Brasília: Parecer CNE/CES n° 1/2019, 2019. 41 p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=109871-pces001-19-1&category_slug=marco-2019-pdf&Itemid=30192>. Acesso em: 07 de mai. de 2021.

_____. **Diretrizes curriculares nacionais do curso de graduação em engenharia**. Brasília: Parecer CNE/CES n° 2/2019, 2019. 6 p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=112681-rces002-19&category_slug=abril-2019-pdf&Itemid=30192>. Acesso em: 07 de mai. de 2021.

_____. **Cadastro Nacional de Cursos e Instituições de Educação Superior**. Ministério da Educação, 2021. Disponível em: <<https://emec.mec.gov.br>>. Acesso em: 16 de mai. de 2021.

CACETE, N. H. Breve história do ensino superior brasileiro e da formação de professores para a escola secundária. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 40, n. 4, p. 1061–1076, 2014.

CHRISTENSEN, C. M.; HORN, M. B.; JOHNSON, C. W. **Inovação em sala de aula: como a inovação disruptiva muda a forma de aprender**. Porto Alegre: Bookman, 2012. ISBN 978-85-407-0073-4.

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO - SEL. 2019. Disponível em: <<http://www.sel.eesc.usp.br/sel/?p=7954>>. Acesso em: 25 fev. 2021.

ECHAVARRIA, M. V. Aplicación del aprendizaje basado en problemas en ingeniería. **Revista EIA - Escuela de ingeniería de Antioquia**, Antioquia, n. 14, 2010.

ENERGIA SUSTENTÁVEL DO BRASIL. **A Usina**. 2019. Disponível em: <<https://www.esbr.com.br/a-usina>>. Acesso em: 17 ago. 2019.

ESRI. **What is GIS?** 2021. Disponível em: <<https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>>. Acesso em: 29 jun. 2021.

FELÍCIO, A. C. **Modelo para avaliação e competências de estudantes de engenharia em fóruns on-line**. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) — Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Guaratinguetá, 2019.

FERNANDES, F. F.; SCHERER, S. Interações em cursos de licenciatura em matemática a distância e a abordagem "estar junto virtual ampliado". **Revista e-Curriculum**, v. 14, n. 3, 2016.

FLORES, S. R. A democratização do ensino superior no Brasil, uma breve história: da colônia à república. **Revista Internacional de Educação Superior**, v. 3, n. 2, p. 401–416, 2017.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GOOGLE. 2021. Disponível em: <<https://www.google.com.br/drive/apps.html>>. Acesso em: 12 jan. 2021.

GORBANEFF, Y. Qué se puede aprender de la literatura sobre el aprendizaje basado en problemas. **Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión**, Bogotá, v. 18, n. 1, p. 61–74, 2010.

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

HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics**, v. 66, n. 1, 1998.

INEP. Brasil: Ministério da Educação e Cultura, 2021. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Disponível em: <<http://inep.gov.br/web/guest/sinopses-estatisticas-da-educacao-superior>>. Acesso em: 11 jul. 2021.

KURI, N. P.; MANZANATO, G. G.; SILVA, A. N. R. Aprendizado baseado em problemas em uma plataforma de ensino à distância: uma aplicação do col na eesc-usp. **Revista Minerva**, São Carlos, SP, v. 4, n. 1, p. 27–39, 2007.

LARENTIS, D. G. **Prospecção de Potencial Hidrelétrico Remanescente**. 2009. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

LAUS, S. P. **A internacionalização da educação superior: um estudo de caso da universidade federal de Santa Catarina**. 2012. Tese (Doutorado em Administração) — Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

LIMA, G. **"Riverhelp!" Sistema de Suporte e Decisões para Planejamento e Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia (Hidráulica e Saneamento)) — Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

LIMA, R. M.; ANDERSSON, P. H.; SAALMAN, E. Active learning in engineering education: a (re)introduction. **European Journal of Engineering Education**, v. 1, n. 42, p. 1–4, 2017. Doi:10.1080/03043797.2016.1254161.

LOBATO, A. S. et al. Um sistema gerenciador de rubricas para apoiar a avaliação em ambientes de aprendizagem. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 20., 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2009.

LUCCHESI, M. A. S. História da interiorização do ensino superior no estado de são paulo: as instituições municipais de ensino superior. **Revista de Políticas Públicas e Segurança Social**, v. 1, n. 1, p. 36–53, 2017.

LUDKE, M. O trabalho com projetos e a avaliação na educação básica. In: ESTABAN, M. T.; HOFFMAN, J.; SILVA, J. F. **Práticas avaliativas e aprendizagens significativas**. Porto Alegre: Meditação, 2003. p. 67–80.

MACAMBIRA, P. M. F. Aprendizagem baseada em problemas (abp): uma aplicação na disciplina 'gestão empresarial' do curso de engenharia civil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 40., 2012, Belém. **Anais eletrônicos...** Belém, 2012. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/7/artigos/102759.pdf>>. Acesso em: 27 de out. de 2020.

MAGALHÃES, A. M. A identidade do ensino superior: a educação superior e a universidade. **Revista Lusófona de Educação**, v. 7, p. 13–40, 2006.

MAIA, M. C. **O uso da tecnologia de informação para a educação a distância no ensino superior**. 2004. Tese (Mestrado em Ciências Pedagógicas) — Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getulio Vargas, Rio de Janeiro, 2004.

MARTINS, C. B. A reforma universitária de 1968 e a abertura para o ensino superior privado no brasil. **Educação Sociedade**, v. 30, n. 106, 2009.

MARTON, F.; HOUNSELL, D.; ENTWISTLE, N. J. **The experience of learning: implications for teaching and studying in higher education**. Edinburgh, Scoland/UK: University of Edinburgh, Centre for Teaching, Learning and Assessment, 1984.

MATOS, A. J. S. **Melhorias qualitativas na modelagem de levantamentos batimétricos em reservatórios por meio da ferramenta computacional "CAV-NH"**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) — Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

MAUAD, F. F.; FERREIRA, L. C.; TRINDADE, L. C. G. **Energia renovável no Brasil: análise das principais fontes energéticas renováveis brasileiras**. São Carlos: EESC/USP, 2017. 349 p. Disponível em: <<http://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/168>>.

NORMAN, G.; SCHMIDT, H. Effectiveness of problem-based learning curricula: Theory, practice and paper darts. **Medical Education**, v. 34, p. 721–728, 2000.

NORTE ENERGIA S.A. **UHE Belo Monte, a maior usina hidrelétrica 100% brasileira**. 2019. Disponível em: <<https://www.norteenergiasa.com.br/pt-br/uhe-belo-monte/a-usina>>. Acesso em: 17 ago. 2019.

PANADERO, E.; JONSSON, A. The use of scoring rubrics for formative assessment purposes revisited: a review. **Educational Research Review**, v. 9, p. 129–144, 2013.

PÉREZ, F.; GRANGER, B. E.; HUNTER, J. D. Python: An ecosystem for scientific computing. **Computing in Science & Engineering**, v. 13, n. 2, p. 13–21, 2011.

PHET. Boulder, Colorado: PhET Interactive Simulations, 2021. University of Colorado, Boulder. Disponível em: <<https://phet.colorado.edu/en>>. Acesso em: 13 jan. 2021.

- PHET. Boulder, Colorado: Fluid Pressure and Flow, 2021. University of Colorado, Boulder. Disponível em: <<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/fluid-pressure-and-flow>>. Acesso em: 13 jan. 2021.
- PORTO, S. Rubricas: otimizando a avaliação em educação online. 2008. Disponível em: <<http://www.aquifolium.com/rubricas.html>>. Acesso em: 24 de fev. de 2008.
- PRINCE, M. Does active learning work? a review of the research. **Journal of Engineering Education**, v. 93, n. 3, p. 223–231, 2004.
- PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. 2021. Disponível em: <<https://www.python.org>>. Acesso em: 29 jun. 2021.
- RIBEIRO, L. R. C. **Aprendizagem baseada em problemas (PBL): uma experiência no ensino superior**. São Carlos: EdUFSCar, 2019. 151 p.
- RIBEIRO, L. R. C.; MIZUKAMI, M. G. N. Uma implementação da aprendizagem baseada em problemas (pbl) na pós-graduação em engenharia sob a ótica dos alunos. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, Londrina, v. 25, p. 89–102, 2004.
- SANTO ANTÔNIO ENERGIA. **Usina em números**. 2019. Disponível em: <<http://www.santoantonioenergia.com.br/empresa/usina-em-numeros/>>. Acesso em: 17 ago. 2019.
- SAUER, L. Z. et al. Aprendizagem em engenharia e tecnologia: desafios e possibilidades de atuação usando a metodologia pbl. In: 4TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PROJECT APPROACHES IN ENGINEERING EDUCATION, 2012, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo, 2012. p. 191–199.
- SAVERY, J. R. Overview of problem-based learning. **The interdisciplinary journal of problem based learning**, v. 1, n. 1, p. 9–20, 2006.
- SCHMIDT, B. V.; OLIVEIRA, R.; ARAGON, V. A. **Entre escombros e alternativas: ensino superior na américa latina**. 1. ed. Brasília, DF: UNB, 2000. 310 p. ISBN 978-8523006020.
- SILVA, K. L.; SENA, R. R. Nursing education: seeking critical-reflexive educationa nd professional competencies. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 5, p. 755–761, 2006.
- SILVA, M. **Sala de aula interativa**. 4. ed. Rio de Janeiro: Quartet, 2006.
- SILVA, M. C. D. V. **Análise de aprendizagem baseada em problemas no ensino de engenharia de produção**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) — Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2014.
- SILVA, P. J. et al. A engenharia nas tradicionais instituições de ensino e aprendizagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 34., 2006, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2006.
- SILVA, W. A.; MARI, C. L. Internacionalização e ensino superior: história e tendências atuais. **Revista de Políticas e Segurança Social**, v. 1, n. 1, p. 36–53, 2017.

SMIT, R.; BIRRI, T. Assuring the quality of standards-oriented classroom assessment with rubrics for complex competencies. **Studies in Educational Evaluation**, v. 43, p. 45–13, 2014.

SOARES, F. O. et al. An integrated project of entrepreneurship and innovation in engineering education. **Mechatronics**, v. 23, n. 8, p. 987–996, 2013.

STALLIVIERI, L. O processo de internacionalização nas instituições de ensino superior. **Educação Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 48-49, p. 35–57, 2003. Disponível em: <<http://iglu.paginas.ufsc.br/files/2014/08/SLIDES-LUCIANE.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2021.

STARCK, K.; PINTO, T. T. C. Aprendizagem baseada em problemas adaptada: experiência no curso de engenharia civil de uma faculdade privada do estado do paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 46., 2018, Salvador. **Anais eletrônicos...** Salvador, 2018. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/cobenge/2018/anais.php>>. Acesso em: 29 de jun. de 2021.

STEVENS, D. D.; LEVI, A. Leveling the field: Using rubrics to achieve greater equity in teaching and grading. **Essays on Teaching Excellence**, v. 17, n. 1, p. 6, 2005. Disponível em: <https://podnetwork.org/content/uploads/V17-N1-Stevens_Levi.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2021.

TSAI, C.-W. Do students need teacher’s initiation in online collaborative learning? **Computers & Education**, 2010. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036013150900311X>>. Acesso em: 29 de jun. de 2021.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Resolu o n  3588, de 19 de outubro de 1990. Baixa o Regimento Geral da Universidade de São Paulo. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**, 23 out. 1990. Disponível em: <<http://www.leginf.usp.br/?resolucao=consolidada-resolucao-no-3745-de-19-de-outubro-de-1990>>. Acesso em: 29 de jun. de 2021.

_____. Portaria GR n  3588, de 10 de maio de 2005. Regulamenta o Programa de Aperfei amento de Ensino – PAE. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**, 11 mai. 2005. Disponível em: <<http://www.leginf.usp.br/?portaria=consolidada-portaria-gr-no-3588-de-10-de-maio-de-2005>>. Acesso em: 29 de jun. de 2021.

_____. **Projeto Político Pedagógico do curso de Engenharia Elétrica - ênfase em Sistemas de Energia e Automa o**. 2016. Disponível em: <http://www.sel.eesc.usp.br/sel/files_EE/Projeto_Pedagogico_SEA_junho2016.pdf>. Acesso em: 06 mai. 2021.

_____. **Grade Curricular do curso de Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia e Automa o**. 2019. Disponível em: <<https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/listarGradeCurricular?codecg=18&codcur=18050&codhab=0&tipo=N>>. Acesso em: 29 jun. 2021.

_____. **Informa es da disciplina SHS0115 - Aproveitamentos Hidrelétricos**. 2019. Disponível em: <<https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/obterDisciplina?sgldis=SHS0115&codcur=18050&codhab=0>>. Acesso em: 16 out. 2019.

- _____. **Informações da disciplina SHS0115 - Aproveitamentos Hidrelétricos.** 2020. Disponível em: <<https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/obterDisciplina?sgldis=SHS0115&codcur=18050&codhab=0>>. Acesso em: 29 jun. 2021.
- _____. **História.** 2021. Disponível em: <http://www.sel.eesc.usp.br/sel/?page_id=3161>. Acesso em: 06 mai. 2021.
- _____. **História da Universidade de São Paulo, campus São Carlos.** 2021. Disponível em: <<http://www.saocarlos.usp.br/historia-e-numeros/>>. Acesso em: 06 mai. 2021.
- _____. **Informações da disciplina SHS0103 - Máquinas Hidráulicas.** 2021. Disponível em: <<https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/obterDisciplina?sgldis=SHS0103&codcur=18062&codhab=700>>. Acesso em: 29 jun. 2021.
- _____. **Linha do tempo.** 2021. Disponível em: <<https://eesc.usp.br/institucional/historia.php>>. Acesso em: 06 mai. 2021.
- UNIVERSIDADE VIRTUAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Rubricas na UNIVESP. **Curso de Mediação Pedagógica na Educação a Distância**, 28 out. 2019. Disponível em: <https://cursos.univesp.br/courses/2517/pages/texto-base-rubricas-na-univesp?module_item_id=186243>. Acesso em: 28 de out. de 2019.
- YACCI, M. Interactivity demystified: A structural definition for distance education and intelligent computer-based instruction. **Educational Technology**, v. 40, n. 4, p. 5–16, 2000.

Apêndices

APÊNDICE A – CRONOGRAMA DO SEMESTRE LETIVO

O Quadro 5 estabelece um cronograma com o conteúdo de cada aula.

Quadro 5 – Cronograma do semestre letivo

(continua)

Aula	Conteúdo
1	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação da metodologia PBL, do cronograma de aula, do problema que os alunos trabalharão no decorrer do semestre e das rubricas
2	<ul style="list-style-type: none"> • Conceitos básicos de geração de energia em hidrelétricas
3	<ul style="list-style-type: none"> • Arranjos de aproveitamentos hidrelétricos convencionais
4	<ul style="list-style-type: none"> • Agências Nacionais (ANA e ANEEL) e legislação pertinente
5	<ul style="list-style-type: none"> • Componentes básicos de Pequenas Centrais Hidrelétricas • <i>Feedback</i> detalhado do docente e do monitor sobre a avaliação feita até o momento do desempenho dos alunos em sala de aula na parte ativa
6	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculo de potência necessária e fator de carga
7	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrometria aplicada aos recursos Hídricos
8	<ul style="list-style-type: none"> • Prova
9	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamentos de medição de vazão e campanha hidrométrica • <i>Feedback</i> do docente e do monitor sobre a prova e entrega das notas
10	<ul style="list-style-type: none"> • Visita técnica à Pequena Central Hidrelétrica do Ribeirão do Lobo
11	<ul style="list-style-type: none"> • Conceitos básicos de turbinas hidráulicas
12	<ul style="list-style-type: none"> • Escolha e dimensionamento de turbinas hidráulicas

Quadro 5 – Cronograma do semestre letivo

(conclusão)

Aula	Conteúdo
13	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="397 376 1050 409">• Apresentação da primeira metade dos grupos
14	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="397 483 1043 517">• Apresentação da segunda metade dos grupos<li data-bbox="397 546 691 580">• Entrega do projeto
15	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="397 651 1442 730">• Colocações do docente e do monitor sobre a experiência da aplicação de PBL na disciplina<li data-bbox="397 759 1334 792">• <i>Feedback</i> dos alunos para o docente e o monitor sobre a disciplina<li data-bbox="397 822 1347 855">• <i>Feedback</i> do docente e do monitor sobre a apresentação e o projeto<li data-bbox="397 884 743 918">• Entrega da média final

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE B – ROTEIRO PARA A ELABORAÇÃO DO PROJETO

O objetivo deste trabalho é a elaboração de um anteprojeto de Aproveitamento Hidrelétrico, desde encontrar o local de instalação, alternativas de arranjo, dimensionamento das estruturas (canal/tubulação de adução, câmara de carga ou chaminé de equilíbrio, tubulações e turbina) e cálculo do potencial a ser aproveitado.

A primeira etapa é a escolha do possível local de instalação. Para isso, é necessário um terreno com queda e vazão, de modo que a energia potencial hídrica seja transformada em energia elétrica. Depois de decidido o local, deve ser utilizado o programa desenvolvido por [Bielenki, Souza e Mauad \(2015\)](#) para realizar as estimativas preliminares.

Para isso, devem ser coletados os dados do local de escolha das seguintes bases/bancos de dados:

- Base de dados topográficos do IBGE, outras fontes de cartas topográficas ou Google Earth;
- Banco de dados hidrológicos do DAEE, Hidroweb ou SNIRH.

Como entrada o programa necessita dos dados acima e como saída retorna os possíveis pontos para instalação do empreendimento hidrelétrico e de seu reservatório, bem como os dados de vazão, da área ocupada pelo reservatório e a altura da queda bruta.

Essas informações devem ser interpretadas e traduzidas para altura líquida da queda e potência líquida. Para isso, é necessário projetar:

- O sistema de adução, incluindo os cálculos de perda de carga;
- Escolher o tipo de turbina;
- Dimensionar e realizar o cálculo do canal de fuga;

Como entrega final deve ser feito um relatório contendo todas as etapas da elaboração do projeto, assim como croquis e desenhos do arranjo (reservatório, barragem, canal/tubulação de adução e câmara de carga ou chaminé de equilíbrio).

APÊNDICE C – RUBRICA PARA CORREÇÃO DO PROJETO

O [Quadro 6](#) mostra a rubrica para ser utilizada na correção do projeto.

Quadro 6 – Rubrica para correção do projeto

Critério avaliado	Valor total	Descrição detalhada	Nota
Escolha do local e coleta dos dados	2,5	Nem a escolha do local nem a qualidade dos dados foram adequadas	0 a 1
		A escolha do local ou a qualidade dos dados deixou a desejar	1 a 2
		A escolha do local ideal e a qualidade dos dados foi da melhor base disponível	2 a 2,5
Utilização da ferramenta computacional	2,5	Não foi calculada corretamente a entrada da ferramenta nem sua saída foi interpretada direito	0 a 1
		O cálculo da entrada da ferramenta ou a interpretação da sua saída deixou a desejar	1 a 2
		Soube-se calcular a entrada da ferramenta e interpretar a sua saída	2 a 2,5
Dimensionamento e cálculo dos componentes	2,5	Não apresentou explicação dos passos seguidos durante a realização dos cálculos realizados para o dimensionamento	0 a 1
		Apresentou corretamente o passo a passo de todos os cálculos realizados para o dimensionamento dos componentes	1 a 2
		Apresentou corretamente o passo a passo detalhado de todos os cálculos realizados para o dimensionamento dos componentes utilizando o conteúdo teórico estudado e chegou-se na resposta correta	2 a 2,5
Relatório	2,5	Não foi explicado de maneira clara todas as etapas da elaboração do projeto e os croquis não condizem com as escolhas do projeto	0 a 1
		Deixou-se a desejar ou na explicação das etapas da elaboração ou na escolha dos croquis	1 a 2
		Foi explicado de maneira clara todas as etapas da elaboração do projeto e os croquis condizem com as escolhas do projeto	2 a 2,5

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE D – RUBRICA PARA CORREÇÃO DE PROVA - QUESTÕES DISSERTATIVAS

O [Quadro 7](#) mostra a rubrica para ser utilizada na correção das questões dissertativas da prova.

Quadro 7 – Rubrica para correção de prova - questões dissertativas

Critério avaliado	Valor total	Descrição detalhada	Nota
Compreensão / argumentação com base no conteúdo	4	Não apresentou argumentos reflexivos fundamentados com base no conteúdo em estudo	0 a 2
		De maneira correta, apenas parte das argumentações apresentadas foram fundamentadas com base no conteúdo em estudo	2 a 3
		De maneira correta, todas as argumentações apresentadas foram fundamentadas com base no conteúdo em estudo	3 a 4
Resposta atendeu ao enunciado	3	Não atende a solicitação do enunciado da questão. Resposta pode estar correta em termos teóricos, mas não responde ao que foi questionado no enunciado	0 a 1,5
		Atende parcialmente o enunciado de forma correta. Resposta pode estar correta em termos de teóricos, mas não elucida totalmente o enunciado	1,5 a 2,5
		Apresentou corretamente a resolução solicitada no enunciado da questão. Resposta apresentada elucida totalmente o questionamento apresentado	2,5 a 3
Raciocínio lógico-argumentativo	3	Não apresentou os aspectos argumentativos e lógicos de suas ideias e conclusões para resolução do problema	0 a 1
		Apresentou de forma parcial ou confusa os aspectos argumentativos e lógicos de suas ideias e conclusões para resolução do problema	1 a 2
		Apresentou de forma clara os aspectos argumentativos e lógicos de suas ideias e conclusões para resolução do problema	2 a 3

Fonte: Adaptado de [UNIVESP \(2019\)](#)

APÊNDICE E – RUBRICA PARA CORREÇÃO DE PROVA - QUESTÕES DE CÁLCULO

O [Quadro 8](#) mostra a rubrica para ser utilizada na correção das questões de cálculo da prova.

Quadro 8 – Rubrica para correção de prova - questões de cálculo

Critério avaliado	Valor total	Descrição detalhada	Nota
Aplicação da teoria para a prática	4	Não apresentou explicação teórica dos passos seguidos durante a realização dos cálculos desenvolvidos	0 a 1
		Apresentou corretamente explicação teórica dos passos seguidos durante a realização dos cálculos desenvolvidos	1 a 3
		Apresentou corretamente o passo a passo detalhado de todos os cálculos realizados para o desenvolvimento do problema, com base no conteúdo teórico em estudo	3 a 4
Resposta atendeu ao enunciado	3	Resposta não atende a solicitação do enunciado. Ela pode estar correta em termos de cálculo e lógica teórica, mas não responde ao que foi questionado no enunciado	0 a 1
		Resposta atende parcialmente o enunciado de forma correta. Ela pode estar correta em termos de cálculo e lógica teórica, mas não elucida totalmente o enunciado	1 a 2,5
		Apresentou corretamente a resolução solicitada na questão. A Resposta elucida totalmente o que foi questionado	2,5 a 3
Raciocínio lógico-argumentativo	3	Não apresentou os aspectos argumentativos e lógicos de suas ideias e conclusões para resolução do problema	0 a 1
		Apresentou de forma parcial ou confusa os aspectos argumentativos e lógicos de suas ideias e conclusões para resolução do problema do enunciado	1 a 2
		Apresentou de forma clara os aspectos argumentativos e lógicos de suas ideias e conclusões para resolução do problema do enunciado	2 a 3

Fonte: Adaptado de [UNIVESP \(2019\)](#)

APÊNDICE F – RUBRICA PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO EM SALA DE AULA - INDIVIDUAL E EM GRUPO

O [Quadro 9](#) mostra a rubrica para avaliar o desempenho em sala de aula, tanto individualmente quanto em grupo.

Quadro 9 – Rubrica para avaliação do desempenho em sala de aula - individual e em grupo

Critério avaliado	Valor total	Descrição detalhada	Nota
[Individual] Participação nas discussões do grupo	2,5	Fez poucos questionamentos ou respondeu a poucas perguntas	0 a 1
		Participação moderada nas aulas, fazendo alguns questionamentos e tirando algumas dúvidas	1 a 2
		Participação ativa em praticamente todas as aulas, fazendo questionamentos e tirando dúvidas	2 a 2,5
[Individual] Auxílio a outros grupos	2,5	Houve pouca ou nenhuma interação com outros grupos	0 a 1
		Alguma interação entre grupos para tirar ou discutir sobre o projeto	1 a 2
		Interação contínua tirando dúvidas ou auxiliando no projeto	2 a 2,5
[Grupo] Pesquisa de material	2,5	Utilizou pouco ou nenhum material além do livro	0 a 1
		Utilizou alguns materiais além do livro	1 a 2
		Utilizou diversos materiais além do livro	2 a 2,5
[Grupo] Evolução do projeto	2,5	Muito tempo sem progresso	0 a 1
		Progresso esporádico	1 a 2
		Progresso notado em quase todas as semanas	2 a 2,5

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE G – ROTEIRO PARA A APRESENTAÇÃO DO PROJETO

O objetivo desta apresentação é a apresentação do que foi feito no projeto bem como as etapas que antecederam a sua execução.

O tempo de apresentação de cada grupo será de 30 minutos. Recursos multimídia como apresentações em Power Point, Prezi, Apresentações Google, imagens, vídeos e softwares são encorajados.

A apresentação deve ser dividida em dois tópicos principais:

Preparação:

- Dificuldades encontradas na realização do projeto
- Bibliografia consultada
- Local da proposta de instalação da hidrelétrica

Execução:

- Utilização da ferramenta computacional e saída do programa
- Cálculos feitos a partir da saída do programa
- Arranjo escolhido baseado nos cálculos e na bibliografia
- Croqui e desenhos do arranjo

Após a apresentação, enviar por e-mail para o docente e para o monitor os arquivos utilizados.

APÊNDICE H – RUBRICA PARA CORREÇÃO DA APRESENTAÇÃO - AVALIAÇÃO INDIVIDUAL

O [Quadro 10](#) mostra a rubrica para ser utilizada na avaliação individual da apresentação.

Quadro 10 – Rubrica para apresentação - avaliação individual

Critério avaliado	Valor total	Descrição detalhada	Nota
Apresentação	2,5	Consultou diversas vezes um papel ou slide	0 a 1
		Consultou algumas vezes um papel ou slide	1 a 2
		Não realizou nenhuma consulta	2 a 2,5
Uso correto da língua portuguesa	2,5	Usou diversas gírias ou linguajar inapropriado	0 a 1
		Usou algumas gírias ou linguajar inapropriado	1 a 2
		Usou a norma culta	2 a 2,5
Segurança	2,5	Aparentou nervosismo e insegurança constantes	0 a 1
		Aparentou nervosismo e insegurança em alguns momentos	1 a 2
		Não apresentou nervosismo e insegurança	2 a 2,5
Postura	2,5	Olhou constantemente para um ponto fixo ou somente para o professor	0 a 1
		Olhou diversas vezes para um ponto fixo ou para o professor	1 a 2
		Apresentou para todos os presentes	2 a 2,5

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE I – RUBRICA PARA CORREÇÃO DA APRESENTAÇÃO - AVALIAÇÃO DO MATERIAL E DO CONTEÚDO

O [Quadro 11](#) mostra a rubrica para ser utilizada na avaliação do material e do conteúdo da apresentação.

Quadro 11 – Rubrica para apresentação - avaliação do material e do conteúdo

Critério avaliado	Valor total	Descrição detalhada	Nota
Tópicos	2,5	Menos da metade dos tópicos solicitados foram abordados	0 a 1
		Mais da metade dos tópicos solicitados foram abordados, mas não todos	1 a 2
		Todos os tópicos solicitados foram abordados	2 a 2,5
Conteúdo	2,5	Pouca ou nenhuma referência bibliográfica. Muita falta de informação ou conteúdo apresentado errado	0 a 1
		Faltaram algumas referências bibliográficas importantes. Alguma informação faltando ou conteúdo apresentado errado	1 a 2
		Rico em referências bibliográficas. Bastante informação e conteúdo apresentado corretamente	2 a 2,5
Qualidade dos slides/ apresentação	2,5	Pouca ou nenhuma preocupação com tamanho e qualidade de fonte, imagens e material apresentado	0 a 1
		Faltou preocupação com tamanho e qualidade de fonte, imagens e material apresentado	1 a 2
		Muita preocupação com tamanho e qualidade de fonte, imagens e material apresentado	2 a 2,5
Recursos multimídia utilizados	2,5	Recursos não foram utilizados, tiveram pouca qualidade ou foram usado em momentos inoportunos	0 a 1
		Recursos ou foram utilizados de maneira insatisfatória somente em alguns momentos ou deixaram de ser usados quando pertinentes	1 a 2
		Recursos utilizados de maneira extremamente satisfatória	2 a 2,5

Fonte: Elaborado pelo autor

Anexos

ANEXO A – EMENTA DA DISCIPLINA SHS0115 - APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS ANTES DA SUA REFORMULAÇÃO

Figura 13 – Ementa da disciplina SHS0115 - Aproveitamentos Hidrelétricos antes da sua reformulação.

16/10/2019 <https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/obterDisciplina?sglDis=SHS0115&print=true>

Informações da Disciplina

USP Júpiter - Sistema de Graduação

Escola de Engenharia de São Carlos

Hidráulica e Saneamento

Disciplina: SHS0115 - Aproveitamentos Hidroelétricos
Hydroelectric Power Plants

Créditos Aula: 3
Créditos Trabalho: 0
Carga Horária Total: 45 h
Tipo: Semestral
Ativação: 01/01/2002 **Desativação:** 31/12/2019

Objetivos
Neste curso procurar-se-á fornecer conceitos básicos e procedimentos práticos que aplicados ao projeto de uma usina hidrelétrica de baixa potência geram resultados bastante satisfatórios. Não serão tratados detalhes estruturais referentes às obras civis.

Docente(s) Responsável(eis)
2782466 - Frederico Fabio Mauad

Programa Resumido
Conceituação do tema geral. Setor energético: Modelos, Regulação e Competitividade. Etapas de Avaliação do Potencial. Estudos Hidrológicos. Estudos Topográficos, Geológicos e Geotécnicos. Arranjo de um Aproveitamento (Componentes de uma PCH). Barragens. Elementos Principais das Barragens. Casa de Máquinas para Pequenas Centrais Hidrelétricas. Viagem Didática. Turbinas Hidráulicas - Generalidades, Curvas Típicas. Turbinas - Rotação Específica. Turbinas - Anteprojeto. Prova. Apresentação do Projeto.

Programa
Conceituação do tema geral. Setor energético: Modelos, Regulação e Competitividade. Etapas de Avaliação do Potencial. Estudos Hidrológicos. Estudos Topográficos, Geológicos e Geotécnicos. Arranjo de um Aproveitamento (Componentes de uma PCH). Barragens. Elementos Principais das Barragens. Componentes Principais de uma Usina. Determinação da Potência Instalada. Casa de Máquinas para Pequenas Centrais Hidrelétricas. Viagem Didática. Turbinas Hidráulicas - Generalidades, Curvas Típicas. Turbinas - Rotação Específica. Turbinas - Anteprojeto. Prova. Apresentação do Projeto.

Avaliação
Método
Aulas expositivas teóricas, aulas práticas, aulas de exercícios.
ATIVIDADES DISCENTES: Elaboração de projetos e de exercícios.
Critério
Seminário: Peso 4
3 Provas: Peso 6
Norma de Recuperação
Os critérios de avaliação da recuperação devem ser similares aos aplicados durante o semestre regular do oferecimento da disciplina;
1) A nota final (MF) do aluno que realizou provas de recuperação dependerá da média do semestre (MS) e da média das provas de recuperação (MR), como segue:
d) $MF = 5$ se $5 \leq MR \leq (10 - MS)$;
e) $MF = (MS + MR) / 2$ se $MR > (10 - MS)$
f) $MF = MS$ se $MR < 5$.
2) O período de recuperação das disciplinas deve se estender do início até um mês antes do final do semestre subsequente ao da reprovação do aluno em primeira avaliação.

Bibliografia
BANDINI, A. - Aproveitamentos Hidroelétricos.
CREAGER - Hydroelectric Handbook.
DESHPANDE, M.Z. - Elements of Electrical Power Station Design, 1966.

<https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/obterDisciplina?sglDis=SHS0115&print=true>

ANEXO B – EMENTA DA DISCIPLINA SHS0115 - APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS DEPOIS DE SUA REFORMULAÇÃO

Figura 14 – Ementa da disciplina SHS0115 - Aproveitamentos Hidrelétricos depois de sua reformulação

21/04/2020 <https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/obterDisciplina?sgldis=SHS0115&codcur=18050&codhab=0&print=true>

Informações da Disciplina



Escola de Engenharia de São Carlos

Hidráulica e Saneamento

Disciplina: SHS0115 - Aproveitamentos Hidroelétricos
Hydroelectric Power Plants

Créditos Aula: 3
Créditos Trabalho: 2
Carga Horária Total: 105 h
Tipo: Semestral
Ativação: 01/01/2020 **Desativação:**

Objetivos

Neste curso procurar-se-á fornecer conceitos básicos e procedimentos práticos que aplicados ao projeto de uma usina hidrelétrica de baixa potência geram resultados bastante satisfatórios. Não serão tratados detalhes estruturais referentes às obras civis.

Docente(s) Responsável(eis)

2782466 - Frederico Fabio Mauad

Programa Resumido

Conceitos básicos e componentes de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), avaliação de potencial, estudos preliminares, barragens e turbinas.

Programa

Conceituação do tema geral. Setor energético: Modelos, regulação e competitividade. Etapas de avaliação do potencial. Estudos Hidrológicos. Estudos hidrológicos. Estudos topográficos, geológicos e geotécnicos. Arranjo de um aproveitamento - Componentes de uma PCH. Barragens e seus elementos principais. Casa de máquinas para PCHs. Turbinas hidráulicas - generalidades, curvas típicas, rotação específica. Viagem didática a uma PCH e seu reservatório.

Avaliação

Método

Aulas teóricas expositivas com recursos auxiliares e computacionais. Aulas práticas. Aulas de exercícios. ATIVIDADES DISCENTES: participação em aulas; realização de prova; elaboração e apresentação de projeto.

Critério

Média ponderada das notas da participação em aula, da prova, da elaboração e da apresentação do projeto.

Norma de Recuperação

Os critérios de avaliação da recuperação devem ser similares aos aplicados durante o semestre regular do oferecimento da disciplina; 1) A nota final (MF) do aluno que realizou provas de recuperação dependerá da média do semestre (MS) e da média das provas de recuperação (MR), como segue: d) $MF=5$ se $5 \leq MR \leq (10 - MS)$; e) $MF = (MS + MR) / 2$ se $MR > (10 - MS)$ f) $MF = MS$ se $MR < 5$. 2) O período de recuperação das disciplinas deve se estender do início até um mês antes do final do semestre subsequente ao da reprovação do aluno em primeira avaliação.

Bibliografia

BANDINI, A. - Aproveitamentos Hidroelétricos. CREAGER - Hydroelectric Handbook. DESHPANDE, M.Z. - Elements of Electrical Power Station Design, 1966. ELETROBRÁS, Manual de Pequenas Centrais Hidrelétricas, 1982. FRANZINE, J.B.; LINSLEY, R.K. - Engenharia de Recursos Hídricos. São Paulo, EDUSP, 1978, tradução Pastorino. GARCEZ, L.N. - Construções Hidráulicas. LINSLEY, F. - Water Resources Engineering, 1981. MACINTYRE, A.J. - Máquinas Motrizes Hidráulicas, Guanabara Dois, 1983. Manual de Pequenas Centrais Hidrelétricas, ELETROBRÁS, 1982. MAUAD, F.F., - FERREIRA, L. C.; TRINDADE, T.C.G. - Energia renovável no Brasil: análise das principais fontes energéticas renováveis brasileiras. São Carlos: EESC/USP, 2017. MAUAD, F.F. - SHS-115-Aproveitamentos Hidroelétricos (Apostila), EESC-2001. PFLEIDERER, C. e PETERMAN, H. - Livro Técnico S.A. 1979. SCREIBER, G. - Usinas Hidrelétricas. Blücher, 1978. VIVIER, L. - Turbinas Hidráulicas et Régulation. Editions Albin Michell, 1966.

<https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/obterDisciplina?sgldis=SHS0115&codcur=18050&codhab=0&print=true>

1/2

ANEXO C – EMENTA DA DISCIPLINA SHS0103 - MÁQUINAS HIDRÁULICAS

Figura 15 – Ementa da disciplina SHS0103 - Máquinas Hidráulicas

11/01/2021

<https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/obterDisciplina?sgldis=SHS0103&codcur=18062&codhab=700&print=true>

Informações da Disciplina



Júpiter - Sistema de Gestão Acadêmica da Pró-Reitoria de Graduação

Escola de Engenharia de São Carlos

Hidráulica e Saneamento

Disciplina: SHS0103 - Máquinas Hidráulicas
Hydraulic Machines

Créditos Aula: 4
Créditos Trabalho: 0
Carga Horária Total: 60 h
Tipo: Semestral
Ativação: 01/01/2008 **Desativação:**

Objetivos

Conhecimentos básicos para o ante projeto de máquinas, bem como conhecimentos gerais para especificação de bombeamento, ventilação e turbinas.

Docente(s) Responsável(eis)

2782466 - Frederico Fabio Mauad

Programa Resumido

Bombas hidráulicas de fluxo. Coeficientes adimensionais, curvas características. Escolha de uma bomba. Rotação específica. Tubulações. Anteprojeto de uma estação elevatória - semelhança hidrodinâmica aplicada às bombas hidráulicas. Associações de bombas. Turbinas hidráulicas, noções de aproveitamentos hidroelétricos. Escolha de uma turbina hidráulica. Modelos reduzidos. Cavitação.

Programa

Bombas hidráulicas de fluxo. Coeficientes adimensionais, curvas características. Escolha de uma bomba. Rotação específica. Tubulações. Anteprojeto de uma estação elevatória - semelhança hidrodinâmica aplicada às bombas hidráulicas. Associações de bomba. Turbinas hidráulicas, noções de aproveitamentos hidroelétricos. Escolha de uma turbina hidráulica. Modelos reduzidos. Cavitação.

Avaliação

Método

Aulas expositivas teóricas, aulas práticas, aulas de exercícios.
ATIVIDADES DISCENTES: Participação em aulas teóricas, aulas práticas. Elaboração de exercícios. Visitas a indústrias. Submissão a provas.

Critério

Média ponderada das notas atribuídas em exercícios, relatórios e provas.

Norma de Recuperação

Os critérios de avaliação da recuperação devem ser similares aos aplicados durante o semestre regular do oferecimento da disciplina;

- 1) A nota final (MF) do aluno que realizou provas de recuperação dependerá da média do semestre (MS) e da média das provas de recuperação (MR), como segue:
 - d) $MF = 5$ se $5 \leq MR \leq (10 - MS)$;
 - e) $MF = (MS + MR) / 2$ se $MR > (10 - MS)$
 - f) $MF = MS$ se $MR < 5$.

<https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/obterDisciplina?sgldis=SHS0103&codcur=18062&codhab=700&print=true>

1/2

Fonte: USP (2021c)