



AVALIAÇÃO POR COMPETÊNCIAS - UMA PROPOSTA DE APLICAÇÃO NOS LABORATÓRIOS DAS DISCIPLINAS DE CIÊNCIAS BÁSICAS DA ENGENHARIA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2022.3767

NAIR STEM - nairstem@maua.br
Instituto Mauá de Tecnologia

Octavio Mattasoglio Neto - omattasoglio@uol.com.br
Instituto Mauá de Tecnologia

Hector Alexandre Chaves Gil - hector.gil@maua.br
Instituto Mauá de Tecnologia

RODRIGO CUTRI - RODRIGOCUTRI@HOTMAIL.COM
Instituto Mauá de Tecnologia

Resumo: *As novas Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia (RESOLUÇÃO Nº 2, DE 24 DE ABRIL DE 2019) do Ministério da Educação trazem a necessidade de uma nova visão de desenvolvimento curricular voltada ao desenvolvimento das competências do egresso ao longo de sua jornada acadêmica. A questão a se discutir neste artigo é: Como se deve desenvolver a avaliação por competências nas ciências básicas dos cursos de Engenharia, em especial na avaliação da aprendizagem nos laboratórios didáticos? Como desenvolver essa visão junto as disciplinas de modo a que os estudantes possam refletir de forma continuada sobre sua aprendizagem? Este artigo apresenta o planejamento de uma proposta de aplicação nos laboratórios das disciplinas de Física e Química do Ciclo Básico de Engenharia do Instituto Mauá de Tecnologia.*

Palavras-chave: DCN. Avaliação. Competências. Laboratório de Física. Laboratório de Química.





AVALIAÇÃO POR COMPETÊNCIAS – UMA PROPOSTA DE APLICAÇÃO NOS LABORATÓRIOS DAS DISCIPLINAS DE CIÊNCIAS BÁSICAS DA ENGENHARIA

1 INTRODUÇÃO

As novas Diretrizes Curriculares Nacionais para Engenharia (MEC, 2019) trazem com grande evidência a necessidade do desenvolvimento de competências que o egresso deve possuir para o mercado de trabalho. A discussão sobre avaliação por competências em disciplinas de Ciências Básicas junto aos cursos de Engenharia do Centro Universitário Instituto Mauá de Tecnologia foi inicialmente apresentada em Cutri (2020), notadamente focada na discussão na busca de evidências do desenvolvimento de competências e na da aplicação de rubricas para projetos aplicados de Física.

Tendo por base o desafio institucional de ampliar a avaliação por competências nas disciplinas de Ciências Básicas, este artigo discute a proposta de implantação dessa avaliação junto ao desenvolvimento integral dos laboratórios das disciplinas de ciências básicas (Física e Química) do Ciclo Básico de Engenharia do Instituto Mauá de Tecnologia.

2 EDUCAÇÃO BASEADA EM COMPETÊNCIAS

A Educação por Competências é um modelo de educação que usa a aprendizagem, não o tempo, como a métrica do sucesso do aluno. Conforme Cutri (2020), primeiramente deve-se estabelecer um objetivo educacional (Missão – onde queremos chegar) e estabelecer metas (Linha do Tempo) para atingir esse propósito. Assim, se o objetivo é que o estudante adquira uma determinada competência, a questão é definir quando ela deve ser atingida. Ao mesmo tempo, é fundamental definir quais os objetivos de aprendizagem (usando a Taxonomia de Bloom) que se pretende alcançar e quais os resultados esperados dos estudantes. Para isso, deve-se ter indicadores de desempenho que permitam classificar os níveis de desempenho naquela determinada competência. A construção desses indicadores deve estar baseada em evidências. A estrutura curricular pode prever o desenvolvimento de determinada competência em diversas disciplinas com níveis crescentes de desenvolvimento, ou definir espaços de tempo próprio e contínuos para que aquela competência seja desenvolvida.

Para que o objetivo educacional possa a partir da evidência ser então categorizado são necessários os indicadores de desempenho ou critérios de performance, as chamadas rubricas. As rubricas são uma ferramenta de pontuação ou classificação usada para medir o desempenho e o aprendizado dos estudantes em um conjunto de critérios e objetivos. Não há um conjunto unificado de rubricas porque as rubricas de pontuação variam de acordo com as diferentes disciplinas e cursos. Existem três componentes nas rubricas, a saber:

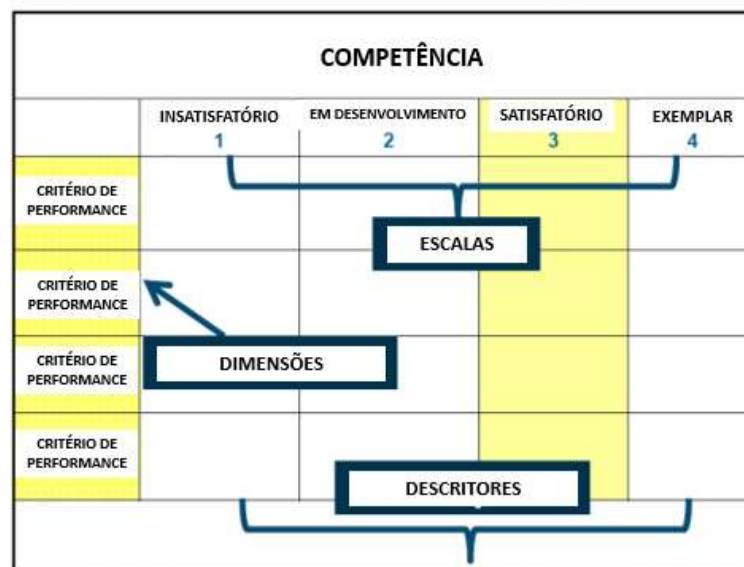
- dimensões / critérios de performance: os aspectos de desempenho que serão avaliados,
- descritores: características que estão associadas a cada dimensão e



- escala / nível de desempenho: uma escala de classificação que define o nível de domínio dos alunos dentro de cada critério.

A figura 1, traduzida de (CHAN, C., 2015) mostra as escalas e dimensões necessárias em uma rubrica.

Figura 1 – Escalas e dimensões necessárias em uma rubrica.



Desenvolver uma “rubrica”, segue o seguinte procedimento:

- 1º Definição da competência a ser analisada
- 2º Definição dos critérios de performance que se deseja avaliar (objetivos educacionais)
- 3º Definição da evidência que será analisada
- 4º A partir do cruzamento da evidência com o critério de performance deve-se classificar o desempenho em níveis e atribuir descritores que permitam de modo mais objetivo diferenciar os níveis de proficiência que se deseja atribuir.

Complementarmente deve-se considerar ainda que os descritores trazem as evidências que determinam o nível na escala de aprendizagem.

A rubrica deve ser explicitada ao estudante de modo que ele saiba como será avaliado e assim busque esforços para atingir seu máximo desempenho.

Segundo Arribas (2019), pode-se adotar duas visões para a implantação de rubricas:

Holística/global – Não separa as partes da atividade a ser avaliada. Uma descrição global é feita sem especificar os componentes do processo.

Análítica - Claramente detalha os indicadores de cada atividade e especifica os critérios de avaliação de acordo com o nível de desempenho do estudante.

Holt (2004) apresenta em seu artigo propostas de rubricas para diversos tipos de evidências:

- Para habilidades práticas de laboratório;

- Para projetar o próprio experimento;
- Para trabalho escrito;
- Para avaliação de desempenho;
- Para portfólios;
- Para apresentação oral;
- Para projetos tecnológicos;
- Para desenvolvimento de pensamento crítico (auxiliar construção de um argumento);

2.1 O desenvolvimento de rubricas nos laboratórios do Ciclo Básico de Engenharia do Centro Universitário Instituto Mauá de Tecnologia

As disciplinas do Ciclo Básico de Engenharia do Centro Universitário Instituto Mauá de Tecnologia já vêm desenvolvendo a aplicação de diversas estratégias ativas de aprendizagem em suas aulas de teoria e laboratório como por exemplo: aprendizagem por problemas e projetos, *peer-instruction* dentre outras (CUTRI, R. et al, 2016).

O desenvolvimento de rubricas nas disciplinas de ciências básicas já é aplicado no desenvolvimento de projetos junto à disciplina de Física desde 2019. Para 2022, conforme visão institucional do desenvolvimento de currículo por competências, propõe-se o uso de rubricas ampliado a todos os experimentos desenvolvidos ao longo do ano letivo tanto para os laboratórios de Física como de Química.

As disciplinas Física I e Química Geral do Instituto Mauá de Tecnologia, fazem parte do ciclo básico de Engenharia e são aplicadas na forma de 2 aulas de 50 minutos de teoria e 2 aulas de 50 minutos de laboratório, com os seguintes objetivos educacionais, em que os estudantes devem demonstrar em especial as competências abaixo extraídas do Art. 4º da DCN (MEC, 2019):

II - analisar e compreender os fenômenos físicos e químicos por meio de modelos simbólicos, físicos e outros, verificados e validados por experimentação:

ser capaz de modelar os fenômenos, os sistemas físicos e químicos, utilizando as ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais e de simulação, entre outras.

prever os resultados dos sistemas por meio dos modelos;

conceber experimentos que gerem resultados reais para o comportamento dos fenômenos e sistemas em estudo.

verificar e validar os modelos por meio de técnicas adequadas;

V - comunicar-se eficazmente nas formas escrita, oral e gráfica:

a) 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;

VI - trabalhar e liderar equipes multidisciplinares:

a) ser capaz de interagir com as diferentes culturas, mediante o trabalho em equipes presenciais ou a distância, de modo que facilite a construção coletiva;

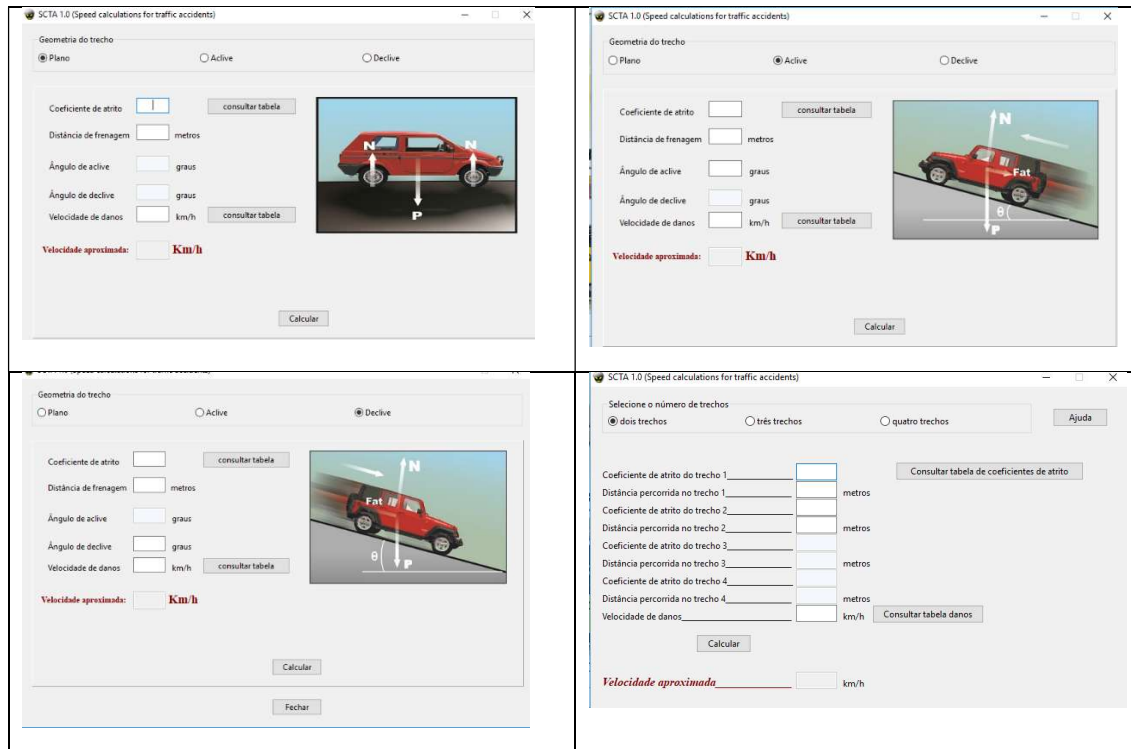
Durante o ano letivo de 2020 foi desenvolvido junto ao laboratório de Física uma proposta de projeto piloto, com o uso de rubricas, em que as equipes de estudantes de laboratório (3 à 4 alunos) fizeram a simulação da velocidade inicial do condutor em algumas situações de acidente de trânsito, modelando, coletando dados e analisando-os.

2.1.1 Experiência prévia: Projeto piloto para o uso de rubricas no laboratório de Física – Projeto SCTA

O projeto consistiu na utilização de um *software* simulador "*Speed Calculations for Traffic Accidents*" – SCTA (GURGEL et. al., 2015). Esse *software* foi desenvolvido utilizando a linguagem *Delphi*, e tem por finalidade simular a velocidade inicial do condutor em algumas situações de acidente de trânsito (terreno em aclave, terreno em declive, terreno plano, dois tipos de trecho de pista, etc). De acordo com o modelamento o condutor pisa no freio ao avistar um obstáculo parado, e após a colisão ele atinge o repouso. Neste simulador, o coeficiente de atrito (correlacionado com o tipo de terreno), a distância percorrida, no caso dos terrenos em aclave e/ou declive, o ângulo formado com a horizontal e a velocidade de danos são parâmetros de entrada, e tem como parâmetro de saída a velocidade inicial do condutor ao pisar no freio. A tolerância da velocidade inicial estimada é + 10%. A velocidade de danos está correlacionada à avaria no veículo e a energia perdida cinética durante a colisão. A figura 2 mostra exemplos da interface entre o *software* e o usuário.

Foram escolhidos quatro estudos de casos (a) terreno em aclave, b) terreno em declive, c) terreno plano e d) dois tipos de trecho de pista, e os temas foram sorteados entre as 6 equipes de laboratório. A metodologia utilizada se dividiu em duas etapas: imersão profunda de preparação (realizada em sala de aula) e elaboração de um seminário como trabalho extraclasse. Na etapa de preparação do projeto denominada como imersão profunda – devido à similaridade a uma das etapas do *Design Thinking* (MOREIRA, 2018), as equipes se familiarizavam e se aprofundavam no tema sorteado. Tinham a liberdade de escolher os parâmetros de entrada que pretendiam utilizar para estudar a variação do comportamento da velocidade do condutor. Para elaborar os seminários, os integrantes das equipes deveriam realizar reuniões extraclasse. Nesses seminários, os alunos deveriam contextualizar o caso estudado, explicar o modelo teórico utilizado pelo autor do *software*, elaborar gráficos utilizando a planilha EXCEL, ajustando linhas de tendência, explicar a natureza física dos parâmetros estudados. O seminário devia ser apresentado pela equipe no final do semestre para toda a turma de laboratório. O fato de que cada turma estivesse responsável por um estudo de caso permitiu que os alunos tivessem um panorama geral sobre o estudo de colisões.

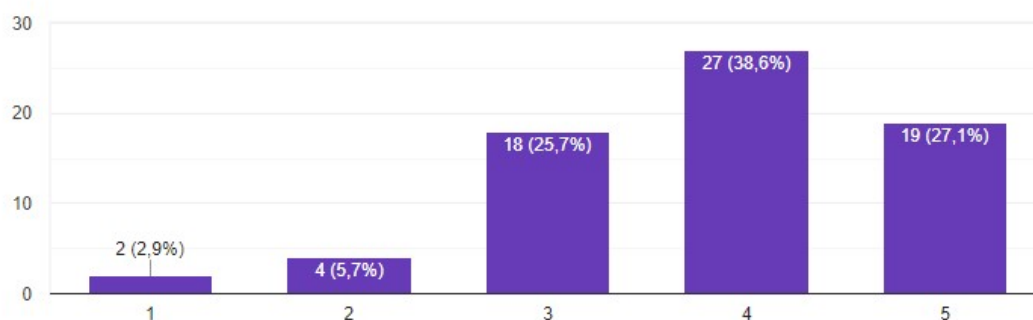
Figura 2 - Interface software SCTA - usuário



De modo a verificar a percepção dos estudantes quanto ao desenvolvimento do projeto e o uso de rubricas aplicou-se um questionário no estilo Likert. Foram recebidas 70 respostas num universo de 600 alunos – base 2020 (aproximadamente 12%).

Questão 1: Numa escala de 1 a 5, em que 1 é "nada interessante" e 5 "super interessante". Como você avalia o tema do projeto?

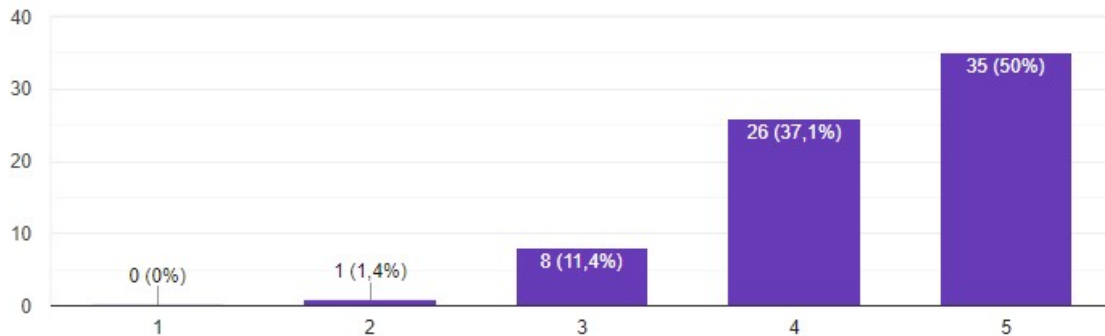
Figura 3 - Avaliação do projeto





Questão 2: Numa escala de 1 a 5, onde 1 é "não" e 5 "sim". O tempo para realização foi adequado?

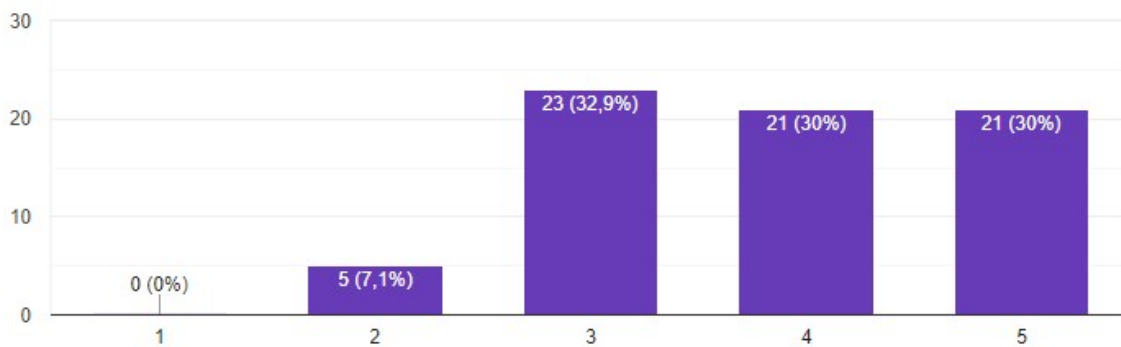
Figura 4 - Adequação do tempo para realização do projeto



Verifica-se pelas respostas obtidas nas questões 1 e 2 que 65,7% dos estudantes acharam a temática do projeto interessante ou superinteressante, sendo que para mais de 87,1% o tempo foi adequado para realização.

Questão 3: Numa escala de 1 a 5, onde 1 é "não foram adequadas" e 5 "totalmente adequadas". A apresentação e as orientações do projeto foram adequadas ao desenvolvimento do mesmo?

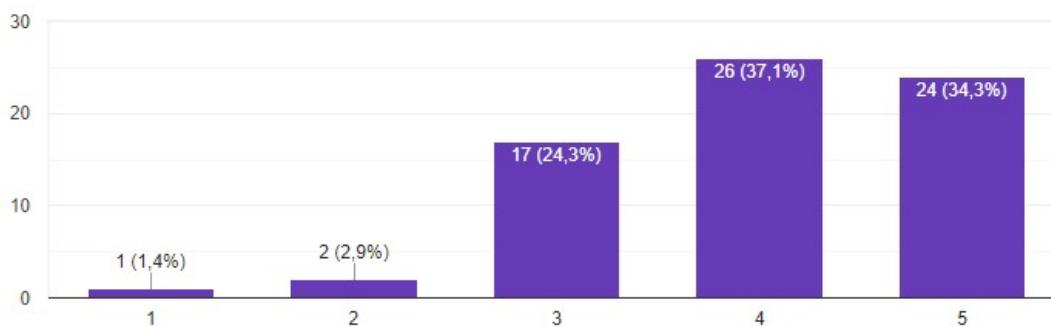
Figura 5 – Adequação das orientações para o desenvolvimento do projeto



Questão 4: Numa escala de 1 a 5, onde 1 é "não ajudaram em nada" e 5 "ajudaram significativamente". As rubricas que avaliam determinadas dimensões e seus níveis de desempenho me ajudaram a preparar melhor o trabalho?



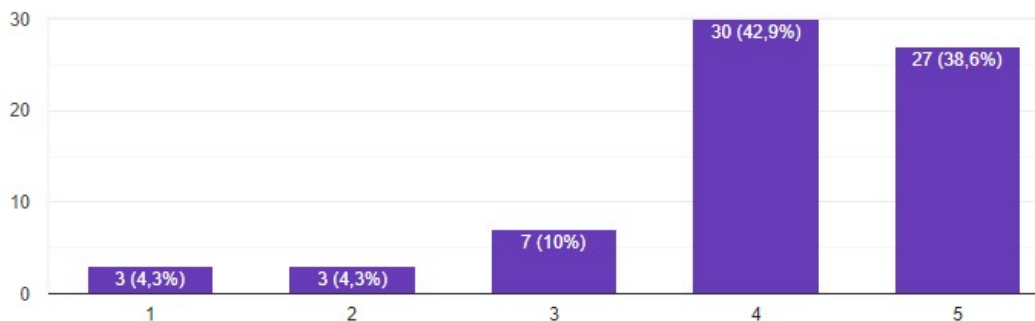
Figura 6 – Adequação das rubricas como orientadoras na realização do projeto



Verifica-se pelas respostas obtidas nas questões 3 e 4 que 92,9% dos estudantes acharam as orientações para o projeto adequadas, sendo que para 95,71% a apresentação prévia das rubricas o ajudaram a preparar melhor o trabalho.

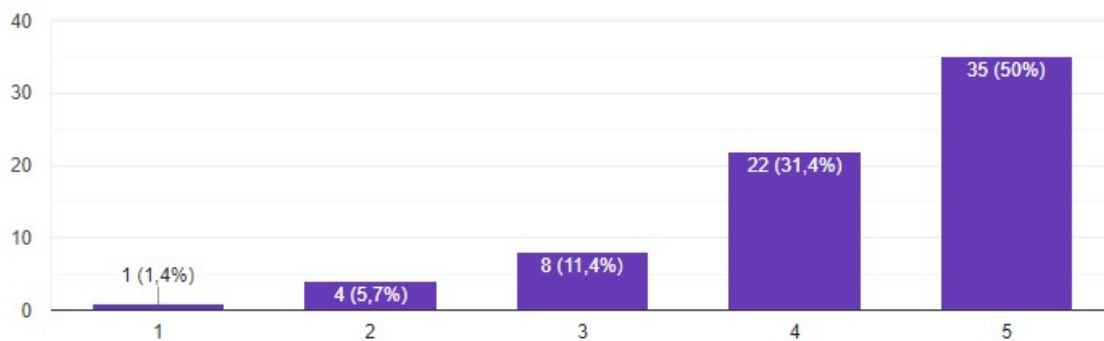
Questão 5: Numa escala de 1 a 5, onde 1 é "não ajudaram em nada" e 5 "ajudaram significativamente". Você considera que o projeto lhe trouxe informações novas? Melhorou a sua compreensão dos conteúdos no aprendizado da teoria ensinada?

Figura 7 – Projeto ajudou a compreender os conteúdos da disciplina



Questão 6: Numa escala de 1 a 5, onde 1 é "não vi nenhuma relação com Engenharia" e 5 "vi grande relação com aplicações da Engenharia". Você acredita que o projeto lhe trouxe informações sobre aplicações em Engenharia?

Figura 8 – Projeto trouxe aplicações de conteúdos da engenharia



Verifica-se pelas respostas obtidas nas questões 5 e 6 que 81,5% dos estudantes entendem que o projeto melhorou a compreensão da teoria e para 81,4% apresentou aplicações que envolvem a física aplicada à Engenharia.

De modo geral, verifica-se que o projeto atendeu ao esperado resultando num melhor aproveitamento acadêmico.

2.1.2 Rubrica geral proposta para todos os experimentos do laboratório

Quando da aplicação do projeto no item 2.1.1, utilizamos uma rubrica simplificada, numa visão mais holística, que analisava a apresentação, análise de dados e modelamento obtido. Visando expandir o uso de rubricas para os demais experimentos do laboratório, numa abordagem agora mais analítica, e ampliar a visão do próprio estudante sobre sua percepção de aprendizagem propõe-se para 2022 a construção de rubricas genéricas que possam ser aplicadas a todos os experimentos e que contribuam para a visão do desenvolvimento de competências, em especial as já citadas na seção 2.1 (II a; II b; II d).

Quadro 1 – Rubrica proposta para as aulas de laboratório

PROPOSTA (MODELAGEM FÍSICA E MATEMÁTICA)	destaque - o modelamento foi claramente desenvolvido e explicado 4 pontos	proficiente- o modelamento foi satisfatório, no entanto faltam algumas premissas 3 pontos	aprendiz - o modelamento desenvolvido apresenta alguns erros 2 pontos	iniciante - o modelamento está incompleto 1 ponto
ANÁLISE DE ERROS EXPERIMENTAIS	destaque - erros experimentais, os seus possíveis efeitos e modos de reduzi-los são discutidos. capaz de estimar incertezas e realizar propagação quando solicitado. 4 pontos	proficiente - erros experimentais, os seus possíveis efeitos e modos de reduzi-los são discutidos. capaz de estimar incertezas e realizar propagação. no entanto apresenta pequenos erros. 3 pontos	aprendiz - erros experimentais são mencionados. apresenta erros nos cálculos de incertezas. 2 pontos	iniciante-- as discussões sobre os erros são insatisfatórias. 1 ponto

CÁLCULOS	destaque-- todos os cálculos são mostrados e os resultados estão corretamente tabulados. 4 pontos	proficiente alguns cálculos são mostrados e os resultados estão corretos (parcialmente incompleto) 3 pontos	aprendiz alguns cálculos são mostrados e os resultados estão tabulados. (parcialmente incompleto e/ou parcialmente corretos). 2 pontos	iniciante - nenhum cálculo é mostrado ou resultados apresentam erros. 1 ponto
DADOS	destaque - aparência profissional e representação precisa dos dados nas tabelas e/ou gráficos. 4 pontos	proficiente- representação precisa dos dados nas tabelas e/ou gráficos. os gráficos e tabelas estão adequados com títulos e unidades 3 pontos	aprendiz representação precisa dos dados na forma escrita, mas nenhum gráfico ou tabela foi apresentado. 2 pontos	iniciante os dados estão muito imprecisos. 1 ponto
CONCEITOS CIENTÍFICOS	destaque o relatório mostra um conhecimento preciso sobre os conceitos envolvidos no experimento. 4 pontos	proficiente o relatório mostra um conhecimento preciso sobre a maioria dos conceitos envolvidos no experimento. 3 pontos	aprendiz o relatório mostra um conhecimento limitado sobre a maioria dos conceitos envolvidos no experimento. 2 pontos	iniciante- o relatório mostra um conhecimento não satisfatório sobre a maioria dos conceitos envolvidos no experimento 1 pontos

Fonte: autores

O quadro desenvolvido permite que seja utilizado o mesmo conjunto de rubricas para todos os experimentos que venham a ser realizados ao longo do ano letivo e que eventuais indicadores sejam não utilizados quando não se aplicam ao determinado experimento, mas que o aluno em tendo sempre a mesma rubrica possa ir ao longo do processo de ensino aprendizagem percebendo sua evolução.

No entanto, duas questões ainda permanecem em aberto: como realizar a gestão da aplicação desta rubrica considerando-se o universo de alunos do 1º ano (cerca de 600 alunos) e como permitir que se analise o desempenho individual dos alunos quanto as competências inicialmente propostas?

A gestão da aplicação das rubricas poderia ser realizada de forma manual, por meio da impressão dos respectivos relatórios de experimentos com o quadro das rubricas, por meio de planilhas como Excel ou por meio do próprio LMS. No caso, optou-se pela utilização do LMS (Open LMS - Moodle) já utilizado na instituição aliando assim uma "automatização" da tarefa docente (visto que o quadro de rubricas seria mais facilmente preenchido e a

disposição permanente dos alunos) além de contar com a inclusão dessas avaliações no livro de notas e o envio de mensagens de alerta aos alunos.

De modo ainda a permitir uma ação de intervenção junto ao estudante, pode-se estabelecer faixas e envios de alerta automático do open LMS: "planejamento de atividade" conforme a faixa de pontos obtida no quadro 1. Essa rubrica será aplicada as equipes de estudantes de laboratório de Física I e Química no 1º e 2º semestres de 2022, permitindo que o aluno tenha a devida devolutiva e possa assim reconhecer seus pontos de melhoria e promover ações para aperfeiçoá-los.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultura da avaliação por competências deve ser constantemente assimilada pelo corpo discente e docente para que possa ser trabalhada de forma adequada. O planejamento inicial das atividades à serem desenvolvidas dá um arcabouço teórico-prático de como aplicar este conceito nos cursos de Engenharia.

Ao aplicar rubricas em todos os experimentos a serem realizados, pretende-se promover um melhor entendimento do próprio corpo discente de quais são as competências que se pretende atingir e quais as evidências necessárias para que sejam efetivamente buscadas contribuindo assim para o seu aprimoramento.

A versatilidade da criação de um marcador na pontuação das rubricas amplia a possibilidade de análise de desempenho do estudante. Ao invés de apenas se considerar a simples contagem na pontuação total alcançada pelo estudante pode-se rastrear aqueles com desempenho insuficiente nos critérios de performance estabelecidos na avaliação. Com isso cria-se no próprio LMS utilizado a possibilidade de uma avaliação qualitativa do estudante.

REFERÊNCIAS

ARRIBAS, E. et al **Development of a laboratory practice for physics introductory courses using a rubric for evaluation by competences**, 2019 J. Phys.: Conf. Ser. 1287 012025

CHAN, Cky. "**Rubrics for Engineering Education**", Engineering Education Enhancement and Research Asia (E3R Asia), 2015. - Disponível em: <https://hke3r.cetl.hku.hk/pdf/Rubrics-for-Engineering-Education.pdf> - - Acesso em: 29 nov. 2019.

CUTRI, R.; *et al.* **Ten Ways to Improve Learning Physics as Part of an Engineering Course**. ASEE Annual Conference & Exposition, 2016, New Orleans. **Anais**. Louisiana, 2016.

CUTRI, Rodrigo; GIL, H. A. C. ; FREITAS, P. A. M. . **Avaliação por competências ? Uma proposta de aplicação em disciplinas de engenharia**. In: XLVII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), 2020. XLVII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), 2020.

GURGEL, W. P.; GOMES, L. P., FERREIRA, L. C. AND GESTER, R., M.R., **Calculation of velocity in traffic accidents: development of software for forensic physics research**, 2015 sai intelligent systems conference (intellisys), 2015, pp. 1045-1048, doi: 10.1109/intellisys.2015.7361272.

HOLT RINEHART & WINSTON; HOLT **Science & Technology Assessment Checklists & Rubrics Paperback – Teacher's Edition**, January 1, 2004 disponível em: <http://lp3.unej.ac.id/wp-content/uploads/2017/01/East-Orange-Scoring-Rubrics-more-complete.pdf> - Acesso em: 29 nov. 2021.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO - **RESOLUÇÃO Nº 2, DE 24 DE ABRIL DE 2019** - Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12991> Acesso em: 29 nov. 2019.
MOREIRA, B. R., **Guia prático do design thinking: aprenda 50 ferramentas para criar produtos e serviços inovadores**, e-book, 2018.

ASSESSMENT BY SKILLS - A PROPOSAL FOR APPLICATION IN THE LABORATORIES OF THE BASIC SCIENCES OF ENGINEERING SUBJECTS

Abstract:

RESOLUTION No. 2, OF APRIL 24, 2019 of the National Council of Education that instituted the National Curriculum Guidelines for the Undergraduate Engineering Course brings out the development of the graduate's competences throughout his academic journey. The question to be discussed in this article is: How should the assessment by competences be developed in the basic sciences of Engineering, especially in laboratory disciplines? How to develop this vision with the disciplines so that students can continuously reflect on their learning? This article presents the planning of an application proposal in the Physics and Chemistry Laboratory disciplines of the Basic Engineering Cycle of Instituto Mauá de Tecnologia.

Key-words: DCN, Competence, Assessment. Physics Laboratory. Chemistry Laboratory.