

# ANÁLISE CRÍTICA DE DISCIPLINA EM CURSOS DE ENGENHARIA COM VIÉS INTERDISCIPLINAR

## CRITICAL ACADEMIC DISCIPLINE ANALYSIS IN ENGINEERING COURSES WITH INTERDISCIPLINARY TENDENCY

Lubianka Ferrari Russo Rossi,<sup>1</sup> João Manoel Losada Moreira<sup>2</sup>

### RESUMO

O presente trabalho faz uma análise crítica da disciplina “Resíduos Nucleares”, ofertada aos alunos dos cursos de Engenharia de Energia e de Engenharia Ambiental e Urbana, dentro do modelo interdisciplinar da Universidade Federal do ABC. Os alunos constituem um grupo heterogêneo quanto à formação básica, aspirações e interesses profissionais. O objetivo deste trabalho é propor alterações nessa disciplina, visando a atender o alunado dos dois cursos de engenharia e imprimir um viés interdisciplinar. Os autores o iniciam o buscando parâmetros relativos à interdisciplinaridade que possam dirigir esse estudo. A seguir, consideram alternativas pedagógicas e métodos de aprendizagem apresentados na literatura. Questões específicas de ensino foram identificadas e discutidas. A estratégia pedagógica adotada baseia-se em teorias construtivistas e pode ser generalizada para outros cursos com viés interdisciplinar. Seus principais pontos incluem estimular trabalho em grupo com alunos de formação progressa distinta, fornecer uma visão histórica do desenvolvimento das disciplinas envolvidas e capacitar o docente para a mediação em sala de aula.

**Palavras-chave:** Educação superior; ensino de engenharias; interdisciplinaridade; energia nuclear.

### ABSTRACT

The present work undertakes a critical analysis of the discipline “Nuclear Waste” offered to the students of the courses of energy engineering and environmental and urban engineering within the interdisciplinary model of the Federal University of ABC. The students form a heterogeneous group regarding basic education, aspirations and professional interests. The objective of this work is to propose changes in this discipline aiming at attending the two groups of students through combining the perspective of the two engineering courses within the interdisciplinary model. The authors start searching for parameters related to interdisciplinarity that can guide this study. Next, they consider pedagogical alternatives and learning methods presented in the literature. Specific issues regarding teaching and learning are identified and discussed. The pedagogical strategy adopted is based on constructivist theories and can be generalized to other courses aiming at some interdisciplinary field. Its main points include stimulating group work with students of different background, providing a historical view of the development of the disciplines involved, and enabling the teacher to mediate discussions in the classroom.

**Keywords:** Undergraduate education; engineering education; interdisciplinary; nuclear energy.

1 Pós-doutoranda, Universidade Federal do ABC – Campus de Santo André – SP; lubifisica@gmail.com

2 Professor Titular, Universidade Federal do ABC – Campus de Santo André – SP ; joao.moreira@ufabc.edu.br

## INTRODUÇÃO

A Universidade Federal do ABC (UFABC) tem dois bacharelados interdisciplinares e oito cursos de engenharia temáticos e não disciplinares. Os temas buscam resolver questões importantes para a sociedade brasileira e foram transformados em cursos de engenharia, como, por exemplo, Engenharia de Energia, Engenharia Ambiental e Urbana, Engenharia Aeroespacial e Engenharia Biomédica (UFABC, 2016). Esses cursos requerem que os alunos estudem várias disciplinas para se capacitarem a solucionar os problemas propostos, e, para implementá-los, a Universidade escolheu uma abordagem interdisciplinar (UFABC, 2016; PDI, 2013; CAPELLE, 2016). A opção pela interdisciplinaridade possui várias razões, entre elas, não priorizar o modelo analítico de uma ciência construída para resolver problemas a partir de seus elementos constituintes, cada vez menores; evitar uma excessiva especialização do conhecimento, o que dificulta uma compreensão maior do todo; e evitar a formação de grupos fechados em si mesmos, que não dialogam com especialidades vizinhas e não utilizam o conhecimento desenvolvido por outros grupos (BEVILACQUA, 2017; POMBO, 2008). A UFABC também optou por focar na interdisciplinaridade porque as pesquisas atuais e de interesse da sociedade são muito complexas e requerem conhecimentos interdisciplinares. Os campos tradicionais e disciplinares, isoladamente, não seriam suficientes para responder aos problemas mais urgentes da sociedade atual, e também parecem não ser os mais interessantes e instigantes do ponto de vista desta sociedade (UFABC, 2016; CAPELLE, 2016; BEVILACQUA, 2017; POMBO, 2008). Basearam-se para esta escolha, também, no entendimento de que uma formação interdisciplinar poderia produzir egressos com maior empregabilidade e capacidade de contribuir de forma mais rápida e eficaz para a sociedade (UFABC, 2016).

A UFABC, por meio de seu projeto pedagógico, impõe uma série de condicionantes a uma disciplina oferecida em qualquer de seus cursos de graduação ou pós-graduação (UFABC, 2016). Por exemplo, uma disciplina deve ser oferecida para todos os cursos de enge-

nharia, porque o projeto pedagógico estimula a exposição do aluno a uma grande variedade de temas relacionados à sua área de formação. Considera-se que o conhecimento de conteúdos diversificados, somados a uma base disciplinar sólida, proporciona ao aluno de engenharia adaptar-se e absorver novos conhecimentos, acompanhar as mudanças de mercado tanto em nível nacional quanto internacional, desenvolver capacidades para aplicar conhecimentos científicos, tecnológicos, instrumental e multidisciplinar (MOLISANI, 2016). Adicionalmente, o projeto pedagógico preconiza que os alunos de engenharias devem ser autodidatas em relação ao seu conhecimento, já que o mercado não se preocupa ou não pode investir tempo e dinheiro com capacitação de jovens profissionais (MOLISANI, 2016; ALMEIDA; CHAVES, 2015).

O curso de Engenharia de Energia na UFABC tem entre suas disciplinas eletivas uma que aborda o tema sobre “Resíduos Nucleares” (RN) e os respectivos processos para tratamento, reciclagem e estocagem (MOREIRA, 2016). A disciplina aborda questões de energia nuclear e questões de meio ambiente. Os resíduos nucleares podem ser definidos como materiais produzidos durante a geração de energia elétrica, pela via nuclear e por outras atividades na sociedade, como aplicações médicas e industriais (COCHRAN, TSOULFANIDIS, 1999). Na disciplina RN, optou-se por denominá-los como resíduos nucleares, para ficar compatível com as designações de outras formas de resíduos gerados pela sociedade, como resíduos industriais, resíduos químicos, resíduos sólidos urbanos, etc. (MOREIRA; CANDIANI, 2016). Essa disciplina conta também com alunos do curso de Engenharia Ambiental e Urbana. Os alunos desses dois cursos têm interesses distintos em relação ao material trabalhado em sala de aula e visões distintas sobre a energia nuclear e meio ambiente.

A disciplina RN apresenta pelo menos duas grandes áreas de conhecimento, energia nuclear e meio ambiente, e os alunos têm uma experiência pregressa muito diferente, não formam um grupo homogêneo e têm percepções e interesses distintos em relação a ela. Como ministrar de forma efetiva essa disciplina levando em conta um grupo heterogêneo de alunos e a

interdisciplinaridade preconizada pela UFABC compõem o objeto deste trabalho.

Algumas pedagogias mostram que o meio em que vive o indivíduo, seu contexto social e histórico influencia intimamente a formação de suas ideias e consequentes opiniões (VYGOTSKY, 1998; FREIRE, 1998). Os alunos de Engenharia de Energia, como os alunos de engenharia em geral, apreciam tecnologia avançada, instalações complexas e normalmente mostram um interesse secundário com as questões ambientais, sem que isso signifique que não tenham preocupações genuínas com o meio ambiente. Já os alunos da Engenharia Ambiental e Urbana têm uma preocupação maior com questões ambientais, sustentabilidade e são mais preservacionistas. Isso, por sua vez, não significa que sejam avessos à tecnologia, mas apenas que apresentam um menor encanto em relação à esse aspecto. A relação desses alunos com as atividades que envolvem matemática também é diferente. Os alunos de Engenharia de Energia possuem uma melhor desenvoltura com as atividades que envolvem matemática do que os alunos de Engenharia Ambiental, embora ambos tenham cursado uma grade matemática básica comum. De certa forma, pode-se falar que os alunos apresentam características cultural-acadêmicas distintas. Os dois grupos de alunos têm representações distintas sobre um mesmo tema e isso direciona a maneira como eles se comportam.

O objetivo deste trabalho é discutir e propor alterações nessa disciplina, visando a atender o alunado da Engenharia de Energia e aumentar o interesse por ela por parte do alunado da Engenharia Ambiental e Urbana, bem como promover a interdisciplinaridade preconizada pela UFABC (UFABC, 2016; PDI, 2013). Iniciamos o artigo buscando parâmetros relativos à interdisciplinaridade que possam dirigir este estudo e, para tal, utilizamos o modelo de interdisciplinaridade proposto por Pombo (2008). A seguir, consideramos alternativas pedagógicas e métodos de aprendizagem apresentados na literatura. Adicionalmente, os ambientes de sala de aula e de atividades em grupo são as fontes diretas de dados e informações, cujas análises são realizadas de forma qualitativa pelos pesquisadores.

Espera-se que a experiência relatada neste estudo seja proveitosa para outros cursos preocupados com a interdisciplinaridade, lembrando que as dificuldades observadas em áreas de conhecimento abarcando várias disciplinas, temas interdisciplinares e turmas heterogêneas de alunos são preocupações comuns na literatura recente (CASTELAN, 2016; ALVARENGA et al., 2016).

Este artigo inicia-se com uma seção de metodologia, na qual descrevemos o método utilizado para a coleta e análise dos dados deste trabalho. A seguir, fazemos uma breve abordagem sobre as possíveis ações sugeridas pela literatura para este problema, e depois procedemos a uma avaliação crítica da disciplina, com o objetivo de determinar os fatores importantes a serem considerados e possíveis alterações. Por último, as nossas conclusões avaliam melhorias específicas propostas para a disciplina, questões ligadas à interdisciplinaridade e possíveis generalizações para outros cursos com preocupações semelhantes.

## METODOLOGIA

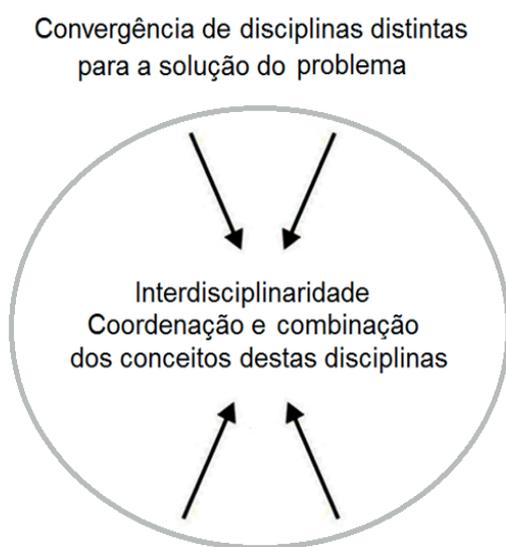
A metodologia utilizada neste trabalho é qualitativa e busca considerar os objetivos da interdisciplinaridade e a pedagogia adequada para ensino e aprendizagem de questões interdisciplinares. Primeiro, busca-se identificar elementos importantes da interdisciplinaridade, por meio de um modelo desse conceito (POMBO, 2008) e, a seguir, são consideradas possíveis pedagogias para tratar o problema. Assim, agrupam-se diversas linhas de investigação, considerando os dados recolhidos (não quantitativos) a partir de observações, reações dos alunos e conversas. Busca-se investigar o problema em toda a sua complexidade natural e multifacetada. Justifica-se tal escolha observando que as reações dos alunos, as atitudes diante das provas e listas de exercícios e trabalhos propostos não podem ser explicadas ou traduzidas por meio de variáveis quantitativas (GODOY, 1995).

“Interdisciplinaridade” é um termo muito falado e, muitas vezes, com pouca profundidade. A abordagem teórica para a verificação da interdisciplinaridade adotada neste trabalho

baseia-se na proposta de Pombo (2008). Essa autora considera que o tratamento multidisciplinar justapõe as disciplinas, visando a obter uma coordenação entre elas, numa perspectiva de paralelismo. A interdisciplinaridade, por sua vez, avançaria no sentido de se obter uma convergência de disciplinas distintas para a solução de um problema. A interdisciplinaridade seria a obtenção de coordenação e combinação de conceitos dessas disciplinas para sintetizar a solução do problema. A Figura 1 busca apresentar esquematicamente essa ideia de interdisciplinaridade (POMBO, 2008).

. Uma forma possível de se atingir essa convergência é proporcionar o debate entre os alunos para estimular a formulação de soluções, considerando os elementos das várias disciplinas relevantes para o problema (POMBO, 2008; CAPELLE, 2016; UFABC, 2016; BEVILACQUA, 2017).

**Figura 1 – Abordagem interdisciplinar.**



O ensino, a aprendizagem e os debates em sala de aula devem levar a soluções que vão além da justaposição dos elementos da Engenharia Ambiental e Urbana e Engenharia de Energia. Devem proporcionar uma coordenação e combinação de conceitos dessas engenharias que permitam sintetizar soluções adequadas e naturais para ambas.

Para viabilizar a abordagem interdisciplinar, busca-se a melhor pedagogia e uma forma didática que acolham os alunos em sala de aula, promovam debates e levem em conta a heterogeneidade desses alunos, que têm experiên-

cias de formação distintas. O grupo de alunos é oriundo dos cursos de Engenharia de Energia e Engenharia Ambiental e Urbana, que têm perfis diferentes. A percepção dos conceitos veiculados em sala de aula tende a ser diferente pelos dois grupos de alunos, pois o material apresentado pelo professor é filtrado de acordo com as experiências prévias dos alunos (PIAGET, 1970). Essa heterogeneidade é o fator determinante nesta avaliação crítica e deve ser levada em conta na proposição de melhorias pedagógicas do ponto de vista da interdisciplinaridade.

Os alunos que compõem a turma são dos terceiro e quarto anos da Engenharia Ambiental e da Engenharia de Energia. Eventualmente, alunos de outras engenharias também se matriculam na disciplina. Os dados disponíveis para análise são as matrículas dos alunos (número total de alunos matriculados e que cancelam matrícula), avaliações, apresentações de trabalhos em grupo e observações dos alunos sobre a disciplina. Em relação a este último item, um dos autores observou o local de estudo sem interagir com os alunos e há informações sobre a opinião dos mesmos em relação à disciplina e docente nas mídias sociais.

Para a realização deste trabalho, as seguintes etapas foram realizadas:

- 1) levantamento de dados e informações sobre a disciplina;
- 2) investigação na literatura de possibilidades para a solução dos problemas encontrados na disciplina;
- 3) realizar de uma avaliação crítica da estrutura atual da disciplina, levando em conta material didático, métodos de avaliação e origem dos alunos, identificando seus principais problemas;
- 4) proposição de alterações na pedagogia e na didática da disciplina que favoreçam o ensino e a aprendizagem interdisciplinar, conforme delineado na Figura 1;
- 5) identificação de elementos deste estudo que possam ser generalizados para outros cursos interdisciplinares.

### Informações sobre a disciplina

O projeto pedagógico da UFABC preconiza a empregabilidade do aluno, de forma que ele tem contato com a maior quantidade pos-

sível de áreas de conhecimento e tecnologias. A universidade não tem pré-requisitos para as disciplinas. Assim, muitas vezes, os alunos não têm o mesmo *background* de conhecimento, principalmente de física nuclear, questões ambientais e matemática.

A UFABC é uma universidade de massa e as salas de aulas são compostas por um grande número de alunos. Dado o número limitado de professores, as disciplinas devem ser desenhadas para atender à demanda diversificada dos diferentes cursos de graduação. O projeto pedagógico da UFABC impõe um regime quadrimestral (12 semanas de aula), que é muito rápido. Por outro lado, ele proporciona ao aluno cursar um grande número de disciplinas básicas e específicas que contribuem para moldar o seu perfil profissional multidisciplinar (UFABC, 2016; PDI, 2013).

### Observação dos pesquisadores sobre a disciplina

O Quadro 1 apresenta as principais observações dos autores sobre problemas e características da disciplina RN. Como essas observações visam a adequar a disciplina para ambos os grupos de alunos, o conjunto de observações foi dividido em quatro grupos: *Observações gerais*, *Percepção dos alunos*, *Dificuldades dos alunos* e *Conteúdo da ementa*.

**Quadro 1 – Observações dos autores sobre problemas e características importantes da disciplina em sua condição atual.**

<i>Observações gerais</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Os alunos formam um grupo heterogêneo (Engenharia de Energia e Engenharia Ambiental e Urbana).</li> <li>✓ As diferenças entre os alunos dificultam a troca de ideias em sala.</li> <li>✓ Alunos da Engenharia Ambiental desistem da disciplina.</li> </ul>
<i>Percepção dos alunos</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Percepção equivocada de alguns alunos em relação à área nuclear.</li> <li>✓ Percepção equivocada de alguns alunos em relação à área ambiental.</li> <li>✓ Os alunos se apresentam interessados por temas distintos da disciplina.</li> </ul>

<i>Dificuldades dos alunos</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Dificuldade em matemática por parte dos alunos de Engenharia Ambiental.</li> <li>✓ Lista de exercícios inicial com equações diferenciais “assusta” os alunos.</li> <li>✓ Preocupação dos alunos com o conteúdo de matemática das avaliações.</li> </ul>
<i>Questões específicas sobre o conteúdo</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Conhecimento básico de energia nuclear não é sólido e uniforme.</li> <li>✓ O material didático e aulas sobre física nuclear são considerados monótonos.</li> <li>✓ O material sobre os resíduos é considerado mais interessante.</li> <li>✓ Os temas “risco e acidentes” causam interesse.</li> <li>✓ Falta de conexão com a linguagem típica da Engenharia Ambiental e Urbana.</li> </ul>

## ABORDAGENS SUGERIDAS PELA LITERATURA E ANÁLISE CRÍTICA

De acordo com o modelo de interdisciplinaridade considerado neste trabalho, esta pressupõe a presença de diferentes disciplinas e a troca de informações para sintetizar novos pontos de vista ou soluções para um dado problema (POMBO, 2008; BEVILACQUA, 2017; UFABC, 2016). O caso típico é a reunião de especialistas em disciplinas distintas para sintetizar uma solução para um problema com elementos dessas disciplinas. No caso de ensino de uma disciplina que tenha essas características, o problema é distinto: há o docente com especialização em uma das disciplinas e um grupo de alunos heterogêneos com conhecimentos iniciais nas disciplinas envolvidas. O objetivo não é pesquisa, mas ensino e aprendizagem. Busca-se promover o interesse nos alunos por outros lados do problema, outras disciplinas e, eventualmente, fazê-los admitir quão importante é considerar a abordagem interdisciplinar para sintetizar uma solução. Fomentar trocas de conhecimento em sala de aula parece ser uma característica importante da linha pedagógica a ser seguida. Por exemplo, discutir a questão dos resíduos radioativos em um nível mais elevado de complexidade, isto é, levando em con-

ta questões técnicas da área nuclear e questões técnicas, qualitativas e sociais da área ambiental. Portanto, o fio condutor da avaliação de literatura promovida nesta seção é a busca por pedagogias e didáticas que fomentem a troca de opiniões e o debate em sala de aula entre pessoas com formações prévias distintas.

Antes de ver as abordagens sugeridas na literatura, é interessante apresentar a definição utilizada neste trabalho para “mediação”. Esse termo é definido aqui como a atividade feita pelo docente para incitar os alunos a construir significados que lhes permitam compreender o conteúdo em estudo, interpretá-lo para as situações apresentadas e generalizá-lo para novas situações (FREIRE, 1998).

As observações apresentadas no Quadro 1 têm relação com a heterogeneidade da turma e com experiências anteriores dos alunos. Portanto, para buscar uma abordagem adequada na disciplina que atenda às demandas postas pelos alunos e fomente a interdisciplinaridade, conforme indicada na Figura 1, é necessário abordar esses vários aspectos.

As pedagogias com bases construtivistas são interessantes sob o ponto de vista da troca de ideias pelos alunos em sala de aula, por considerarem suas experiências progressas, circunstâncias de aprendizagem e por enfatizarem a construção do conhecimento pelo sujeito (alunos) de forma ativa e não de forma passiva (PIAGET, 1979; FREIRE, 1998). O conhecimento seria construído, além dos objetivos curriculares das engenharias envolvidas, de acordo com o desenvolvimento do aluno e perpassando suas experiências escolares anteriores ao período em que esteja cursando a disciplina RN. Essa pedagogia preconiza que as estratégias de aprendizagem e obtenção de conhecimento devem se alterar no decorrer da vida do indivíduo. O aluno, assim, teria um papel importante e ativo na aprendizagem, e cada salto cognitivo seu dependeria de sua assimilação e reelaboração do material lecionado pelo docente. Como a apreensão e reelaboração do material lecionado por parte de alunos da Engenharia de Energia e da Engenharia Ambiental e Urbana são diferentes, tal fato deve ser levado em conta (PIAGET, 1979).

A pedagogia desenvolvida por Vygotsky, uma variação do construtivismo, enfatizan-

do as interações sociais, é bastante interessante do ponto de vista do debate interdisciplinar entre indivíduos com experiências progressas distintas. Nela as interações dos alunos entre si e com professores, em sala de aula e fora dela, são valorizadas, pois estão fortemente relacionadas com a aprendizagem e com o modo como o indivíduo concebe suas ideias (VYGOTSKY, 1998). Há fatores importantes que devem ser considerados para se garantir a aprendizagem, como a motivação, a linguagem e o uso dos instrumentos na organização do pensamento, a importância de discussão de problemas em sala de aula, as relações entre significado e sentido, isto é, o sentido que se subentende por detrás de afirmações e entre conceitos científicos e experiências cotidianas. Esses fatores são tantos que Vygotsky propõe a existência de dois níveis de capacidade de aprendizagem dos alunos: o “nível básico”, em que aprende por si só, de forma independente, sem a interação social com alunos e professor; e o “nível potencial”, aquele que pode ser alcançado mediante a interação com o meio, outros alunos e o docente. O papel do docente é importante para ensinar, motivar e mediar situações para o aluno atingir o nível de aprendizagem potencial (HUNG *et al.*, 2008).

A pedagogia de Freire (1998) também apresenta preocupações com a experiência progressa do aluno, com os conteúdos que ele ou ela acumulou ao longo de sua experiência anterior e com o trabalho em grupo, realizado na busca do conhecimento. O professor deve ensinar e mediar para que o aluno pense de maneira correta e adquira maior autonomia (FREIRE, 1998). Ademais, tal procedimento está em acordo com o projeto pedagógico da UFABC, que busca tornar os alunos autodidatas e autônomos (UFABC, 2016). Existem também teorias pedagógicas baseadas na neurociência, que evidenciam melhores resultados no processo de aprendizagem quando ocorre maior interação em sala de aula, mediação, motivação e estímulo aos alunos. Nesses estudos o estímulo ambiental está intimamente relacionado às sinapses neurais que intensificam a aprendizagem dos alunos (REUVEN *et al.*, 1988).

Esses elementos dessas pedagogias parecem importantes para viabilizar a convergência interdisciplinar na disciplina. Todas essas pedagogias, oriundas de perspectivas diversas,

condenam a rigidez nos procedimentos de ensino, as avaliações padronizadas e a utilização de material didático alheio à realidade do aluno. Elas preconizam, em linhas gerais, que as aulas devam cobrir o currículo e, adicionalmente, serem voltadas para a discussão e reflexão, especialmente quando se trata de temas controversos, como a energia nuclear ou rejeitos radioativos.

Abordar temas multidisciplinares e controversos com profundidade em sala de aula não é uma tarefa fácil para o docente. Muitas vezes, ele evita por não se sentir à vontade por diversas razões, entre elas, falta de conhecimento adequado e não ter definida uma didática apropriada (ZANOTELLO; PIRES, 2016). As possíveis soluções para essas dificuldades didáticas por parte do docente passam pela capacitação pessoal nos temas multidisciplinares, que é bastante discutida entre docentes dos níveis médio e fundamental, e a preparação prévia para atividades de mediação em sala de aula (HUNG *et al.*, 2008; ZANOTELLO; PIRES, 2016; LINHARES; REIS, 2008).

Na próxima seção, serão discutidas alterações para a disciplina RN, a partir das considerações apresentadas acima.

## AValiação DE POSSÍVEIS ALTERAÇÕES NA DISCIPLINA

Na avaliação de possíveis alterações na disciplina, devem ser consideradas questões específicas quanto à aprendizagem e também quanto ao viés interdisciplinar que se deseja imprimir na disciplina e nos próprios alunos. Essas duas dimensões serão abordadas em conjunto. O Quadro 1 apresenta quatro classes de observações, sendo três delas específicas. A percepção que os alunos têm de disciplina é bem conhecida, envolve suas experiências passadas e é abordada por diferentes pedagogias (FREIRE, 1998; PIAGET, 1979; VYGOTSKY, 1998). As dificuldades que eles experimentam ao cursarem a disciplina são questões mais específicas que podem ser abordadas pela adoção de didáticas apropriadas (PIAGET, 1970; REUVEN, 1988). Por outro lado, o conteúdo da disciplina permite variações e fornece graus de liberdade para acomodar ajustes, atender às

demandas curriculares dos alunos de Engenharia de Energia e Ambiental e Urbana e para solucionar as questões relacionadas ao debate interdisciplinar. Os pontos específicos citados no final no Quadro 1 são avaliados a seguir.

As turmas são heterogêneas na UFABC, e isso acarreta dificuldades de ordem pedagógica e na percepção dos alunos a respeito do material apresentado. Para a aprendizagem de temas com certa interdisciplinaridade, como rejeitos radioativos, as pedagogias consideradas na seção anterior preconizam que as aulas devam cobrir os currículos das duas engenharias, incluindo termos técnicos e preocupações específicas e, adicionalmente, que sejam voltadas para a discussão e reflexão mais aprofundada sobre eles.

Todas as pedagogias mencionadas na seção anterior consideram importante o trabalho em grupo e, principalmente, que a sala de aula não é a única fonte de conhecimento que o indivíduo pode ou deve ter. Grupos heterogêneos, com alunos de ambas as engenharias, se tornam interessantes para os trabalhos em grupo, pois os alunos têm a oportunidade de trocar suas experiências prévias, discutir suas visões distintas de mundo e promover algum debate interdisciplinar. No contexto atual, isso é facilitado, pois todos eles têm acesso a *notebooks*, *smartphones*, internet e redes sociais. Essa troca de experiências fora da sala de aula possibilita aos alunos obterem uma aprendizagem além do nível básico, aproximando-se da aprendizagem potencial (FREIRE, 1987; MONTESSORI, 1964; VYGOTSKY, 2001).

Quanto a dificuldades específicas de aprendizagem, embora a turma da disciplina seja heterogênea, os alunos possuem conhecimentos e empatia pelo cálculo e equações diferenciais, pois já cursaram a grade básica dos cursos de engenharia. Entretanto, vários deles abandonam a disciplina logo no seu início. Por que os alunos cancelam a matrícula na disciplina? Os autores identificam algumas respostas a esta pergunta:

- A disciplina é eletiva. Os alunos cancelam a matrícula pelo desejo de investir o seu tempo em disciplinas obrigatórias, outras disciplinas ou para viabilizar seu quadro de horários.

- Os alunos podem não possuir simpatia pelo tema.
- A primeira lista de exercícios possui algumas atividades que requerem conhecimentos de matemática acima do conhecimento médio dos alunos. Muitos deles demonstraram preocupação com essa lista em particular.

Dessas possíveis respostas, a primeira é uma contingência da vida dos estudantes e pouco pode ser feito a respeito dela. Os alunos possuem simpatia pelo tema por ser controvertido e apresentam interesse durante a primeira aula. Contudo, após a apresentação da primeira lista de exercícios sobre equações diferenciais, surge uma clara preocupação em parte desses estudantes. No intervalo de aula, eles discutem sobre a disciplina e sua possível dificuldade em relação à parte de matemática. Conclui-se que a forma de apresentação da primeira lista de exercícios deve ser revisada, pois não é convidativa ou estimulante.

Os alunos fazem as disciplinas de matemática, entretanto, dependendo do curso de engenharia, utilizam mais ou menos esse instrumental ao longo do tempo. Há alunos que não fazem as disciplinas de matemática e se matriculam na disciplina – o projeto pedagógico da UFABC não prevê pré-requisitos e não impede a matrícula do aluno. As disciplinas técnicas de engenharia ajudam o aluno a fixar e utilizar com naturalidade as ferramentas matemáticas aprendidas anteriormente. Portanto, familiarizar aqueles com menor experiência e fluência com as ferramentas de matemática deve passar a ser uma das preocupações didáticas da disciplina. A primeira lista de exercícios com as questões sobre equações diferenciais e algumas outras poderiam ser feitas em grupos mistos, com alunos de maior e menor experiência prévia com elas.

Aproveitar a terceira hora-aula para promover a interação entre os alunos divididos em grupos tende a ser benéfico para a aprendizagem de matemática e o fomento de questões interdisciplinares. Atualmente, esta terceira hora-aula é utilizada para a resolução de exercícios, de forma expositiva, pelo professor. Dado que o tempo disponível em um quadrimestre é muito curto, parece apropriado reduzir o tempo

de aulas expositivas e aproveitar a terceira hora de aula para promover e estimular a interação entre os alunos, em grupos heterogêneos. A formação insuficiente dos alunos a respeito de equações diferenciais, física nuclear e questões ambientais seria complementada por trabalhos em grupo heterogêneos.

O Quadro 2 resume a nova estratégia pedagógica com viés interdisciplinar adotada para a disciplina.

**Quadro 2 – Nova estratégia pedagógica para a disciplina resíduos nucleares.**

<i>Estratégias gerais para obtenção de viés interdisciplinar</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Propor trabalhos em grupo fora e dentro da sala de aula. Os grupos devem ser heterogêneos.</li> <li>✓ Promover discussão e reflexão sobre temas controversos via trabalhos de grupo e mediação por parte do docente.</li> <li>✓ Capacitar o docente para a mediação dos alunos.</li> <li>✓ Fornecer uma evolução histórica da disciplina e temas.</li> </ul>
<i>Estratégias específicas para a disciplina</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Incluir temas associados à Engenharia Ambiental e Urbana e utilizar a linguagem dessa área.</li> <li>✓ Familiarizar os alunos com as ferramentas matemáticas e conceitos de física nuclear e ambientais por meio de atividades em grupos heterogêneos.</li> <li>✓ Alterar os pesos da avaliação final enfatizando.</li> </ul>

Os primeiros itens podem ser generalizados para outros cursos com turmas heterogêneas e de viés interdisciplinar. Como não se trata de pesquisa que reúne especialistas de disciplinas distintas, mas, sim, de ensino com viés interdisciplinar, é importante reunir os alunos em grupos heterogêneos e apresentar problemas complexos que requeiram a convergência de elementos das disciplinas envolvidas para sintetizar a solução. O docente deve atuar como o mediador das discussões. Outro elemento importante que pode ser generalizado para outras situações de ensino com viés interdisciplinar é fornecer ao aluno a evolução histórica das dis-

ciplinas. Normalmente, as preocupações e o foco de interesse das disciplinas se alteram ao longo do tempo, devido a diferentes demandas da sociedade ou a evolução tecnológica. Essas alterações facilitam ao aluno admitir a adição de novos conceitos àqueles obtidos em sua formação pregressa. O Quadro 3 apresenta as habilidades interdisciplinares e gerais que se pretende dotar os alunos, com tal estratégia.

**Quadro 3 – Habilidades dos alunos que se espera desenvolver com a nova estratégia pedagógica.**

<i>Habilidades com viés interdisciplinar</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Capacidade de trabalhar em grupo e atuar de forma interdisciplinar.</li> <li>✓ Desenvolvimento de simpatia e desenvoltura com os temas de resíduos nucleares e meio ambiente e para discussões interdisciplinares.</li> <li>✓ Desenvolvimento da aptidão para a matemática por parte de alunos com maior interesse na área ambiental.</li> <li>✓ Desenvolvimento de aptidão para análises ambientais mais qualitativas por parte de alunos com maior interesse em ciências exatas.</li> </ul>
<i>Outras habilidades</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Capacidade de trabalhar em grupo e atuar de forma cooperativa.</li> <li>✓ Desenvolvimento do método científico e superação de possíveis dificuldades em tratar problemas mais complexos.</li> <li>✓ Diminuição dos cancelamentos e favorecimento da interação entre os alunos de diferentes cursos.</li> <li>✓ Maior preparo dos alunos para o mercado de trabalho.</li> </ul>

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise crítica da disciplina sobre resíduos nucleares possibilitou a identificação das percepções e dificuldades apresentadas pelo grupo heterogêneo de alunos originários dos cursos de Engenharia de Energia e de Engenharia Ambiental e Urbana. Os alunos têm uma formação prévia distinta e também interesses e visões distintas sobre a sociedade. Considerou-se, neste trabalho, uma pedagogia construtivista, que enfatiza a experiência pregressa do aluno,

circunstâncias de aprendizagem e a construção do conhecimento pelos próprios alunos. O projeto pedagógico da UFABC foi observado, pois ele estipula que uma mesma disciplina seja oferecida aos alunos de diferentes cursos por razões de aproveitamento de recursos humanos e materiais e de promoção da interdisciplinaridade. Esta é promovida na matriz curricular, que estimula o aluno a estar em contato com várias áreas do conhecimento e diversas tecnologias. A interdisciplinaridade diversifica o currículo do aluno e, conseqüentemente, aumenta sua probabilidade de encontrar emprego como futuro engenheiro.

Embora o desempenho final dos alunos na disciplina tenha sido satisfatório, isso não assegura que a construção do conhecimento foi realizada de maneira proveitosa e que os alunos realizaram seu potencial de aprendizagem, principalmente quanto ao viés interdisciplinar desejado. As propostas para a reformulação da disciplina sobre rejeitos radioativos preconizam que as aulas devam cobrir os currículos das duas engenharias, incluindo termos técnicos e preocupações específicas de cada uma delas; estimular o trabalho em grupo com alunos de formação prévia distinta, para propiciar nas discussões a síntese de soluções de problemas; e fornecer aos alunos uma visão histórica das disciplinas. Nesses grupos, os alunos têm a oportunidade de trocar suas experiências prévias e discutir suas visões distintas de mundo. A mudança da visão social sobre o tema ao longo do tempo é um catalisador para o aluno admitir com mais facilidade a inclusão dos novos conceitos junto àqueles previamente existentes.

Dado que o tempo disponível em um quadrimestre é muito curto, parece apropriado reduzir o tempo de aulas expositivas e aproveitar a terceira hora de aula para promover e estimular a interação entre os alunos em grupos heterogêneos.

As soluções para as dificuldades observadas neste trabalho podem ser generalizadas para outras situações de ensino com viés interdisciplinar e turmas heterogêneas. A interdisciplinaridade visa a agregar vários temas e áreas do conhecimento, a fim de superar a visão fragmentada do conhecimento e sintetizar soluções mais complexas. Três alterações sugeridas neste trabalho para melhorar a disciplina podem

ser generalizadas para outras situações e casos: estimular o trabalho em grupo com alunos de formação pregressa distinta; fornecer uma visão histórica do desenvolvimento das disciplinas envolvidas; e capacitar o docente para a mediação em sala de aula. Esses elementos, juntos, possibilitam maior chance de reflexão por parte dos alunos e a convergência de várias disciplinas para a construção de uma solução interdisciplinar para um dado problema.

### AGRADECIMENTOS

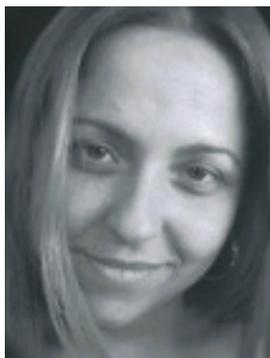
Os autores agradecem o comentário de colegas sobre a possibilidade de generalização da experiência para outras situações de ensino com viés interdisciplinar.

### REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. de C.; CHAVES, M. Empreendedorismo como escopo de diretrizes políticas da União Europeia no âmbito do ensino superior. **Educação & Pesquisa**, São Paulo, v. 41, n. 2, p. 513-526, abr./jun. 2015.
- BEVILACQUA, L.; Entrevista de Luiz Bevilacqua – Capes homenageia o criador da área interdisciplinar, Avaliação trienal de programas de pós-graduação. CAPES 2010. Disponível em <<http://trienal.capes.gov.br/wpcontent/uploads/2010/08/Boletim-TrienalEmFoco04.pdf>>. Acesso em 21 ago. 2017.
- CAPELLE, K.; Universities between tradition and innovation, 2016. Disponível em <<http://www.ufabc.edu.br/artigos/universities-between-tradition-and-innovation-905>>. Acesso em 21 ago. 2017.
- CASTELAN, J.; MILANEZ, A.; FRITZEN, D. Aprendizagem em engenharia utilizando métodos analíticos e numéricos. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 35, n. 2, p. 37-43, 2016.
- COCHRAN, R. G.; TSOULFANIDIS, N. **The nuclear fuel cycle: analysis and management**. American Nuclear Society, 1999.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1998.
- GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.
- HUNG, W.; JONASSEN, D. H.; LIU, R. **Problem-based learning**. Handbook of research on educational communications and technology, n. 3, p. 485-506, 2008.
- LINHARES, M. P.; REIS, E. M. Estudos de caso como estratégia de ensino na formação de professores de Física. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 3, p. 555-74, 2008.
- MOLISANI, A. L. Evolução do perfil didático-pedagógico do professor-engenheiro. **Educação & Pesquisa**, São Paulo, set. 2016.
- MOREIRA, J. M. L. Site da disciplina Resíduos Nucleares, Engenharia de Energia, Universidade Federal do ABC, 2016. Disponível em <<https://sites.google.com/site/en3443residuosnuclearesufabc/>>. Acesso em 29 ago. 2016.
- PDI. Plano de Desenvolvimento Institucional UFA-BC 2013-2022. Universidade Federal do ABC, Santo André, 2013.
- PIAGET, J. **Aprendizagem e conhecimento**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1979.
- PIAGET, J. **La epistemología genética**. Barcelona: Redondo, 1970.
- POMBO, Olga; Epistemologia da interdisciplinaridade, **Revista do Centro de Educação e Letras da UNIOESTE**, Campus de Foz do Iguaçu, v. 10, n. 1, p. 9-40, 2008.
- REUVEN, F.; RAND, Y.; RYNDERS, E. J. **Don't accept me as I am**. US: Springer. 1988.
- UFABC. Projeto Pedagógico da Universidade Federal do ABC, 2006. Disponível em <<http://www.ufxxx.edu.br/>>. Acesso em 29 ago. 2016.
- VYGOTSKY, L. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.
- ZANOTELLO, M.; PIRES, M. O. da C. Discursos sobre o currículo oficial do estado de São Paulo no contexto de um curso de formação continuada para professores de Física. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 22, n. 1, p. 43-63, 2016.

---

## DADOS DOS AUTORES



**Lubianka Ferrari Russo Rossi** – Possui graduação em Licenciatura Plena em Física pelo Centro Universitário de Votuporanga, mestrado em Astrofísica Nuclear, pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica, e doutorado em Física de Reatores pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Atualmente é pós-doutoranda e pesquisadora colaboradora na Universidade Federal do ABC e possui interesse em planejamento energético, engenharia nuclear, engenharia ambiental, metodologias para o ensino superior e neurociência.



**João Manoel Losada Moreira** – Possui graduação em Física pela Universidade de Brasília, um mestrado especial pelo Instituto Militar de Engenharia, e mestrado e doutorado pela Universidade de Michigan, em engenharia nuclear. Possui experiência em engenharia nuclear, trabalhou na indústria nuclear do Brasil no desenvolvimento de tecnologia para o projeto do submarino nuclear brasileiro, e, no Centro Tecnológico da Marinha, em São Paulo, foi gerente do projeto do elemento combustível nuclear e chefe da Divisão de Física de Reatores Nucleares. No Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, foi chefe da Divisão de Física de Reatores. Atualmente é professor titular na Universidade Federal do ABC, onde já foi diretor adjunto do Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas, coordenador do Programa de Pós-graduação em Energia, e membro do Conselho Universitário. Possui interesse em planejamento energético, sustentabilidade do setor de energia, resíduos radioativos, descomissionamento de centrais nucleares, núcleo e combustível de reatores nucleares, licenciamento nuclear e ambiental, sistemas industriais de geração de energia, energias renováveis e aproveitamento energético de metano em aterros sanitários.