

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
Bacharelado em Engenharia Civil

Thais Mayara Rodrigues Gomes
Thaís Rodrigues Pinheiro
Thâmara Vieira Nepomucena

PROPOSTA DE ATIVIDADE INTERDISCIPLINAR PARA CONTEÚDOS DA
ENGENHARIA CIVIL: O efeito de fungos em estruturas de madeira

Teófilo Otoni
2019

**Thais Mayara Rodrigues Gomes
Thaís Rodrigues Pinheiro
Thâmara Vieira Nepomucena**

**PROPOSTA DE ATIVIDADE INTERDISCIPLINAR PARA CONTEÚDOS DA
ENGENHARIA CIVIL: O efeito de fungos em estruturas de madeira**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), como parte dos requisitos exigidos para a conclusão do curso.

Orientador: Msc. Flávio Alchaar Barbosa
Coorientadora: Dra. Deborah Faragó Jardim

**Teófilo Otoni
2019**

**Thais Mayara Rodrigues Gomes
Thais Rodrigues Pinheiro
Thâmara Vieira Nepomucena**

**PROPOSTA DE ATIVIDADE INTERDISCIPLINAR PARA CONTEÚDOS DA
ENGENHARIA CIVIL SOBRE O EFEITO DE FUNGOS EM ESTRUTURAS DE
MADEIRA**

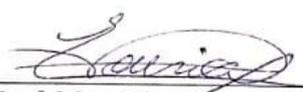
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil, como parte dos
requisitos exigidos para a conclusão do curso.

Orientador: Prof. Ms. Flávio Alchaar Barbosa

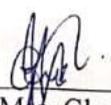
Data de aprovação: 31/04/2019



Prof. Msc. Flávio Alchaar Barbosa
Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia - UFVJM



Prof. Msc. Eduardo Lourenço Pinto
Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia - UFVJM



Prof. Msc. Gledsa Alves Vieira
Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia - UFVJM

Teófilo Otoni

“Eis o Deus, meu Salvador, eu confio e nada temo; o
Senhor é minha força, meu louvor e salvação”

Isaías 12

Devido suma importância nesta trajetória,
dedicamos este trabalho a Deus, às nossas
professoras Deborah e Cleide e às nossas famílias.

AGRADECIMENTOS

A Deus que em sua infinita bondade nos sustentou e nos capacitou para chegarmos até aqui, sem Ele nada disso seria possível. À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), pelo corpo docente, administração e direção que sempre fizeram um excelente trabalho contribuindo diretamente para nossa formação pessoal e profissional. Ao nosso orientador Prof. Msc. Flávio Alchaar Barbosa e às nossas colaboradoras Prof^a. Dr^a. Deborah Faragó Jardim e Prof^a. Dr^a. Cleide Aparecida Bomfeti, pelo acompanhamento, incentivo e conhecimento transmitido, este trabalho também pertence a eles que nunca mediram esforços para nos auxiliar. Aos nossos pais, irmãos e amigos pelo aconchego, compreensão e amor, obrigada por sempre estarem ao nosso lado e entenderem as nossas ausências. E a todos que contribuíram para chegarmos até aqui, o nosso muito obrigada.

RESUMO

A Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), assim como outras universidades fundadas recentemente, segue o Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni). Esse modelo propõe ao estudante uma formação mais generalista que o prepara melhor para o mercado de trabalho e/ou área de pesquisa. O curso de Engenharia Civil da UFVJM, por exemplo, tem em seus 6 semestres iniciais, o curso de Ciência e Tecnologia (C&T), que consiste em disciplinas básicas como, Biologia e Microbiologia. Por muitas vezes, essas disciplinas não recebem o devido valor por parte do estudante, uma vez que o mesmo acredita que estas não serão necessárias em sua área de atuação. Nesse sentido, é preciso, de posse de metodologias de ensino adequadas, realizar uma ligação entre as disciplinas básicas do C&T e da Engenharia, para que o aluno comece a perceber desde o início do curso o propósito e a importância de se estudar esse componente curricular. Para que essa interdisciplinaridade ocorra de fato, é necessária a contribuição dos professores das áreas de interesse, bem como de uma metodologia de pesquisa que seja capaz de avaliar ao final da atividade se a mesma alcançou ou não o seu objetivo. Pensando nisso, uma proposta para interligar os conceitos abordados em Microbiologia com os conteúdos da Engenharia Civil, seria a partir do estudo dos fungos em estruturas de madeira, visto que esta atividade se mostra um conteúdo bastante atrativo para os alunos conseguirem perceber a influência dos microrganismos na construção civil. Diante disso, este trabalho tem como objetivo principal construir, seguindo a metodologia de pesquisa denominada Engenharia Didática, uma sequência didática que seja capaz de realizar a interdisciplinaridade entre a disciplina de Microbiologia e disciplinas da Engenharia Civil, principalmente a Resistência dos Materiais, por meio de práticas laboratoriais envolvendo a análise de fungos em corpos de prova de madeira. Os métodos para a realização dessas práticas também serão abordados. Além disso, realizaram-se testes para avaliar a viabilidade dos questionários, onde os resultados apresentados foram satisfatórios e serão discutidos ao final deste trabalho.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade, Sequência Didática, Estruturas de Madeira, Fungos.

ABSTRACT

The Federal University of the Jequitinhonha and Mucuri Valleys (UFVJM), as well as other recently founded universities, follow the Federal University Restructuring and Expansion Plans Support Program (Reuni). This model proposes to the student a more general training that prepares him better for the labor market and/or research area. The Civil Engineering course at UFVJM, for example, has in its initial 6 semesters, the Science and Technology course (C&T), which consists of basic disciplines such as Biology and Microbiology. Often, these disciplines don't receive the student's due value, since they believe that will not be necessary in their area of activity. In this sense, it is necessary, with appropriate teaching methodologies, to make a connection between the basic (C&T) and Engineering disciplines, so that the student begins to perceive from the beginning of the course the purpose and importance of studying this curricular component. For this interdisciplinarity to occur in fact, it is necessary the contribution of teachers of the areas of interest, as well as a research methodology that is able to evaluate at the end of the activity whether or not it has reached its objective. With this in mind, a proposal to interconnect the concepts discussed in Microbiology with the contents of Civil Engineering, would be based on the study of fungi on wood structures, since this activity shows a very attractive content for students to perceive the influence of microorganisms in construction. In view of this, the main objective of this work is to construct a didactic sequence that is capable of performing the interdisciplinarity between the Microbiology discipline and the Civil Engineering disciplines, mainly the Resistance of Materials, by means of laboratory practices involving the analysis of fungi on wood specimens. The methods for implementing these practices will also be addressed. In addition, tests were carried out to evaluate the feasibility of the questionnaires, where the results presented were satisfactory and will be discussed at the end of this work.

Keywords: Interdisciplinarity, Didactic Sequence, Wood Structures, Fungi.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Escoras e fôrmas de Madeira	16
Figura 2 - Ponte na BR 367 entre as cidades de Jacinto e Salto da Divisa (MG)	18
Figura 3 - Estacas desconfinadas suscetíveis ao ataque biológico.....	19
Figura 4 - Suportes em madeira para estrutura drywall.....	20
Figura 5 – Fachada em <i>Wood Frame</i>	21
Figura 6 – Parte Interna em <i>Wood Frame</i>.....	21
Figura 7 – Etapas inerentes à Engenharia Didática	24
Figura 8- Dimensões do corpo-de-prova para ensaio de compressão paralela às fibras .	28
Figura 9 - Preparo do meio de cultura	28
Figura 10 - Coleta e isolamento dos fungos.....	29
Figura 11- Esterilização e pesagem das amostras de madeira	30
Figura 12 - Preparo da solução com suspensão fúngica	30
Figura 13 - Câmara úmida com suspensão fúngica	31
Figura 14– Controle Negativo	31
Figura 15 – Dimensões e pesagem dos corpos de prova.....	32
Figura 16 - Fluxograma das atividades a serem desenvolvidas.....	33
Figura 17 - Diagrama de carregamento para determinação da rigidez da madeira à compressão	36
Figura 18 - Preparo da solução fúngica e armazenagem dos corpos de prova.....	44
Figura 19 - Aferição e registro das dimensões do corpo de prova	44
Figura 20- Gráfico com a variação de densidade	45
Figura 21 - Corpos de prova submetidos ao ensaio de compressão.....	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	A importância da Microbiologia na formação do Engenheiro do futuro	12
2.2	A Madeira na Construção Civil.....	15
2.2.1	<i>O uso da madeira na execução de obras</i>	<i>15</i>
2.2.2	<i>A madeira como isolante térmico na construção civil</i>	<i>16</i>
2.2.3	<i>As pontes de madeira</i>	<i>17</i>
2.2.4	<i>A presença da madeira em sistemas construtivos.....</i>	<i>20</i>
2.3	Normatização para ensaios com uso de corpos de prova de madeira.....	21
3	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	23
3.1	As etapas da Engenharia Didática e as respectivas ações adotadas.....	23
3.2	Conectando a metodologia de pesquisa com a metodologia de ensino.....	25
4	MATERIAIS E MÉTODOS PARA AS ATIVIDADES PROPOSTAS	27
4.1	Materiais e Métodos para a prática no laboratório de ensino	27
4.2	Materiais e Métodos para as atividades didáticas	32
4.3	Métodos para a avaliação da resistência à compressão do material	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
5.1	Sobre as Análises Preliminares.....	37
5.2	Concepção e Análise a Priori	38
5.3	Resultado das atividades em laboratório.....	43
5.4	Análise dos questionários	47
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS	49
	REFERÊNCIAS	50
	APÊNDICES	55
	Apêndice I.....	55
	Apêndice II	56
	Apêndice III.....	57

1 INTRODUÇÃO

A Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), assim como outras universidades relativamente novas (UNIPAMPA, 2012; UFOPA, 2014), segue o Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni), que tem por objetivo a expansão do ensino superior para aumentar o número de vagas em todo o país. Além disso, o programa propõe a reorganização e a interdisciplinaridade dos conteúdos nesse nível de ensino visando formar profissionais capazes de resolver problemas diferentes do seu cotidiano, visto que é oferecido aos alunos o domínio de outras áreas de conhecimento, além da sua área de formação específica.

O curso de Engenharia Civil (EC) tem sua estrutura curricular baseada num programa de integralização com duração de cinco anos, dividido em duas etapas, oferecendo dois diplomas distintos. A primeira etapa, composta por três anos de atividades, se refere ao curso de Ciência e Tecnologia (C&T), com unidades curriculares bastante amplas e de caráter interdisciplinar (UFVJM, 2012). Na etapa seguinte o estudante tem o contato com as disciplinas específicas da Engenharia Civil, precisando de dois anos mais para completar a carga horária exigida.

A proposta de um curso que ofereça, de fato, uma interdisciplinaridade não é algo trivial, visto que além das disciplinas do próprio curso existem aquelas que o aluno terá contato apenas após a transição para a Engenharia. Ressalta-se, ainda, que grande parte dos docentes dessa fase inicial possui licenciatura e/ou bacharelado em áreas específicas das ciências básicas e não receberam qualquer capacitação para atuar do modo como se desejaria num curso interdisciplinar tão amplo quanto o Bacharelado em C&T da UFVJM. Por exemplo, os professores que ministram as disciplinas básicas obrigatórias de Biologia Celular e Microbiologia (MB) são formados em Ciências Biológicas e não foram preparados para conectar o conteúdo das ementas dessas unidades curriculares com a pretendida área de formação do estudante.

Com isso, problemas como a falta de interesse dos estudantes nessas disciplinas, consideradas por eles como desnecessárias em sua vida profissional, acarretam uma série de prejuízos, como por exemplo, a desistência do curso por alguns discentes que buscam uma formação mais tradicional e o desânimo por parte dos docentes em função do descaso dos alunos com a disciplina.

Ademais, as turmas no curso de C&T são numerosas, contando com a entrada de 120 alunos por semestre, divididos em duas turmas de 60. Com os altos índices de reprovação,

surge a necessidade de abertura de vagas para os estudantes retidos nas disciplinas. Isto faz com que algumas turmas tenham até 72 alunos e uma estrutura física e pedagógica deficiente com a qual o professor tem que lidar. Este fato, certamente, contribui com a desmotivação, tanto por parte dos estudantes quanto por parte dos docentes, acarretando num aumento ainda maior da retenção.

Na outra ponta dessa questão estão os professores das Engenharias, especialmente os da EC, cuja área é o foco da análise nesse texto. A maior parte desses profissionais não possui uma base pedagógica com práticas docentes em sua formação. Além disso, muitos deles estudaram em universidades tradicionais onde os modelos de curso são mais conservadores (UFV, 2013; UFMG, 2010; E.P USP, 2013), de modo que a interdisciplinaridade não é tratada como fundamental para a formação do estudante. Com isso, alguns docentes não percebem a importância desse modelo de currículo e, não raro, transmitem aos alunos essa sensação de que algumas disciplinas não contribuem com a formação do estudante, como ocorre com a Biologia Celular e a Microbiologia.

Entretanto, há que se pensar que o desenvolvimento tecnológico e as mudanças que o mundo está sujeito proporcionaram grandes avanços na construção civil, de modo que o profissional com visão mais global, que tenha um conhecimento teórico e prático mais diversificado, seja melhor capacitado no momento em que precise resolver novos problemas, que surgem nesse novo contexto.

Disciplinas como Resistência dos Materiais, Técnicas e Materiais de Construção, Fundações e Obras de Terra, dentre outras, poderiam ser conectadas à disciplina de Microbiologia, tendo em vista que muitos estudos avançam mostrando que os microrganismos podem ser ótimos aliados da construção civil, como por exemplo, através da produção de novos materiais como o caso do bioconcreto.

Os microrganismos podem também ser um problema enfrentado pelos Engenheiros Civis atualmente, onde estruturas e materiais sofrem o ataque de microrganismos presentes no ambiente. Frente a isso, é interessante que o estudante de EC, durante sua formação acadêmica, tenha contato com os conteúdos abordados em MB, bem como outras unidades curriculares presentes na estrutura do curso.

A madeira, por exemplo, é um desses materiais que sofre o ataque dos microrganismos, tratando-se de um composto de origem natural composta por polímeros, como a celulose e as hemiceluloses, onde a quantidade de cada polímero varia de acordo a espécie da madeira (SANTOS, 2016). Ela está presente, e ainda é muito utilizada, nas

estruturas e acabamentos das construções como os telhados, obras de arte, esquadrias, pisos, fundações, materiais de construções, entre outros.

Se não tratada corretamente, a madeira pode ser atacada por microrganismos, incluindo os fungos, causando manchas, mofo, bolor e apodrecimento. Além disso, podem penetrar e se alastrar na estrutura em forma de hifas interferindo na resistência do material, podendo a madeira perder sua função estrutural.

Partindo dessas reflexões, pode-se entender que o uso de um material pedagógico apropriado e de metodologias de ensino eficientes para cada caso pode contribuir com a qualidade de ensino para os estudantes da EC, bem como para os docentes do curso, buscando correlacionar as disciplinas e mostrar as aplicações tecnológicas que surgem desse procedimento interdisciplinar.

Uma atividade interessante, sugerida pela docente responsável pela MB no curso de C&T, seria analisar a contaminação de materiais utilizados na construção civil. Propôs-se realizar uma atividade prática de ataque microbiano em corpos de prova de concreto ou de madeira. Decidiu-se pela madeira por questões de tempo, para que se pudesse fazer a prática durante um semestre letivo, sem carências para o caso da madeira, já que os corpos de prova de concreto levariam 28 dias apenas no processo de cura.

Desse modo, esse trabalho teve como objetivo principal produzir atividades didáticas, a partir de longas reflexões, juntamente com os docentes responsáveis pelas disciplinas de Microbiologia (4º Período do C&T) e Resistência dos Materiais (7º Período da Engenharia Civil), estimuladas pelas primeiras etapas da metodologia de pesquisa utilizada.

Acredita-se que essas atividades serão capazes de auxiliar os estudantes do curso de C&T na percepção da interdisciplinaridade dos conceitos estudados em Microbiologia com sua futura área profissional no campo da Engenharia Civil. Além disso, será elaborada uma situação-problema, no intuito de verificar se os alunos conseguem compreender e formular uma solução contundente quanto à ação de fungos na madeira, consolidando desse modo o caráter interdisciplinar.

Encerrado esse momento das tarefas, foi feita uma avaliação da eficiência das propostas e possíveis necessidades de ajustes, por meio de simulação das atividades experimentais e aplicação de questionários investigativos, com alunos do curso de C&T.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Observa-se que em modelos tradicionais dos cursos de Engenharia (UFV, 2013; UFMG, 2010; E.P USP, 2013) não é comum a presença da disciplina Microbiologia. Dessa forma, neste novo formato de curso proposto pelo Reuni, muitos estudantes apresentam resistência em compreender como essa disciplina pode auxiliá-los na Engenharia que será escolhida futuramente, após a conclusão do ciclo básico. Este fato faz com que os alunos se mostrem desinteressados com o conteúdo, uma vez que não assimilam como as atividades dos microrganismos irão influenciar no cotidiano de sua futura profissão, que pode vir a ser Engenheiro Civil.

Outra questão importante a se analisar diz respeito ao ciclo básico de formação dos estudantes. A Microbiologia é um conteúdo pouco ou nada abordado no ensino fundamental e médio de escolas públicas, de onde são oriundos grande parte dos alunos do curso de C&T da UFVJM, campus Mucuri (JARDIM *et al.*, 2015). Com isso, os estudantes já trazem consigo uma certa deficiência nos conceitos que envolvem esta área. Outro fator que agrava o problema é a superlotação das salas de aula, com turmas muito numerosas e estrutura física ineficiente.

Apesar de todos os fatores acima, acreditamos que a Microbiologia pode contribuir bastante com a formação do Engenheiro que o mercado futuro espera receber, bem como proporcionar uma base ao estudante que queira seguir em pesquisas que auxiliem na resolução de problemas da Engenharia moderna.

Neste capítulo vamos tratar do uso da madeira na EC e buscar discutir, baseado em referenciais teóricos, a importância de se estudar MB para um futuro Engenheiro.

2.1 A importância da Microbiologia na formação do Engenheiro do futuro

O Projeto Político Pedagógico (PPP) (UFVJM, 2012) do curso de C&T da UFVJM, tem como um dos seus objetivos “Possibilitar ao estudante uma formação que valorize uma postura ética e socialmente comprometida, na realização de atividades e na solução de problemas, a partir de uma visão ampla e interdisciplinar.” Portanto, para cumprir o que está proposto no PPP, atividades que possibilitem conectar as diferentes áreas do conhecimento são muito importantes, especialmente para motivar o aluno no estudo e na busca por soluções eficientes dos problemas do cotidiano.

Em muitos ramos da Engenharia o estudo dos microrganismos é essencial quando se observa o avanço tecnológico, a busca por novos materiais, as questões do meio ambiente, entre outras coisas, como assuntos discutidos pelos profissionais dessa e de outras áreas afins.

As bactérias, por exemplo, se mostram com boa aplicabilidade na regeneração de estruturas de concreto, uma vez que podem auxiliar no tratamento de patologias, como pode ser visto em Claudino *et al.*, (2017):

Ao serem ativadas pelo contato com a água, devido a abertura de fissuras, as bactérias começam o processo de produção de calcário reduzindo ainda mais a abertura e selando a fissura a cada dia que passa, chegando ao fim do processo com a abertura totalmente fechada. O material produzido para o fechamento não reduz a resistência e nem altera significativamente as propriedades do concreto.

Por outro lado, estes mesmos microrganismos são capazes de causar grandes perdas neste material, através do processo de biodeterioração. De acordo com Abreu *et al.*, (2007), este processo pode ser definido “como sendo uma mudança indesejável nas propriedades de um material por atividade vital de microrganismos”.

As bactérias heterotróficas atuam no processo de deterioração nutrindo-se de substâncias como o lignossulfato normalmente utilizado como aditivo, e também de compostos orgânicos de poeiras que se encontram impregnadas nos elementos de concreto, onde ocorre a produção de ácidos por estes seres causando a dissolução de seus compostos (ABREU *et al.*, 2007).

Os fungos, assim como as bactérias, são responsáveis pelo desenvolvimento de diversas patologias em diferentes materiais. Além de materiais naturais como a madeira, podem também biodegradar materiais processados e refinados como combustíveis, plásticos e borrachas.

Como pode ser visto em Tonini *et al.*, (2010), “algumas características das bactérias propiciam sua adaptação a várias condições ambientais, como seu crescimento rápido, versatilidade metabólica, plasticidade genética e rápida adaptação a variações do meio.” Sendo assim, não raro estas são encontradas atuando na biodegradação de compostos de petróleo, uma vez que degradam os poluentes desta substância e os utilizam como fonte de carbono e energia para o seu desenvolvimento.

Decorrente da ação dos microrganismos há também um problema frequente de saúde pública, que é a contaminação de alimentos. O botulismo, por exemplo, é uma afecção causada por uma neurotoxina gerada pela bactéria *Clostridium botulinum*, advinda,

geralmente, da ingestão de alimentos contaminados com essa toxina pré-formada pela bactéria (POLAQUINI *et al.*, 1997; GELLI *et al.*, 2002).

Neste contexto, o controle de qualidade e segurança alimentar é uma das principais atribuições do Engenheiro de Alimentos, uma vez que é de suma importância para a sociedade e para a indústria. O profissional que em sua formação adquiriu conhecimentos da Microbiologia será capaz de identificar mais facilmente as principais causas de problemas de contaminação de alimentos e quais atitudes tomar na busca de uma solução, certificando a segurança do produto alimentar.

Diversos aspectos do meio ambiente podem ser compreendidos através da perspectiva microbiológica. O fenômeno da eutrofização, por exemplo, consiste num problema que afeta a qualidade da água, no qual a alta concentração de nitrogênio e fósforo em águas superficiais aliados a condições ideais de luminosidade provocam o desenvolvimento excessivo de algas. Como afirmam Smith e Schindler (2009), a ocorrência deste fenômeno acarreta alterações na qualidade da água como: em seu odor, sabor, turbidez e até mesmo a redução do oxigênio dissolvido, o que pode levar à morte de peixes e outras espécies aquáticas. Esse processo de eutrofização pode ser intensificado por águas residuárias e fertilizantes agrícolas através de lixiviação. Sob a ótica da Microbiologia o Engenheiro Ambiental poderá, aliado a outros conhecimentos, propor meios que minimizem este problema.

Além disso, os microrganismos podem atuar de forma positiva, por exemplo em sistemas de tratamento biológico de efluentes em que os microrganismos atuam na degradação da matéria orgânica que está no efluente, como forma de obtenção de energia (BARCELLOS e CARVALHO, 2012), ou no caso do biomonitoramento, em que é possível avaliar mudanças no meio ambiente através das respostas que organismos vivos dão em determinadas situações (MATTHEWS *et al.*, 1982). Em todos esses exemplos existem Engenheiros participando da análise dos problemas e do desenvolvimento das soluções.

Desse modo, percebe-se que os microrganismos estão presentes nos estudos das áreas da Engenharia Civil, Engenharia de Alimentos, Engenharia Ambiental, Engenharia de Petróleo, Engenharia de Minas, Engenharia Hídrica, Engenharia Florestal, Engenharia de Materiais, dentre outras. Portanto, está claro que o profissional com formação mais ampla, generalista, tende a enxergar o mundo com outros olhos e buscar a solução para os diferentes problemas que existem, e outros que ainda irão surgir, de forma mais eficiente que outros profissionais cujos currículos são mais conservadores.

2.2 A Madeira na Construção Civil

Ao longo dos anos foi possível perceber a crescente evolução nos segmentos da Engenharia, e neste contexto o avanço de materiais como aço e concreto se fez cada vez mais necessário, sendo estes extremamente importantes para o desenvolvimento da construção civil. Entretanto, por muitos anos, materiais simples, mas com grande capacidade estrutural vinham sendo empregados nas construções, sendo a madeira um dos mais importantes e mais utilizados.

A madeira é um material encontrado na natureza e esse fato contribuiu com sua utilização na construção civil de forma simples e rápida. Mediante esta facilidade, seu histórico como material estrutural é longo, vindo desde as civilizações primitivas e estando presente até os dias atuais, mesmo com relativo declínio em função das questões ambientais. Porém, como forma de contornar esta situação, algumas soluções são mundialmente adotadas, como por exemplo a utilização de madeiras de reflorestamento.

2.2.1 *O uso da madeira na execução de obras*

Na construção civil, em várias etapas das obras, a madeira se faz presente, inclusive como suporte e moldes para as estruturas de concreto, estes elementos são conhecidos como escoras e fôrmas, como pode ser observado na Figura 1. No caso das escoras, estas devem possuir resistência suficiente para suportar os esforços oriundos dos elementos para os quais serve de apoio. Seu custo é inferior às escoras metálicas, e se utilizadas de maneira adequada podem ser reutilizadas em outras construções, garantindo assim o menor custo da obra. Quanto às fôrmas, estas devem se apresentar livres de impurezas, visto que ficam em contato direto com as estruturas, podendo assim contaminá-las.

Figura 1 - Escoras e fôrmas de Madeira



Fonte: SANTOS, 2016

De acordo com Branco e Lourenço (2014), em países como Portugal, o modo mais usual para cobrir casas, igrejas e demais edificações era através da construção de coberturas em madeira, onde tal prática se deu ao longo de muitos séculos. Apesar de ser um recurso disponível e de fácil trabalhabilidade, com o surgimento do aço e do concreto a madeira caiu em desuso, perdendo espaço para estes novos materiais. Em seu trabalho, os autores puderam constatar que a “falta de manutenção das estruturas e conceção ou construção errónea são as principais causas da redução do nível de segurança das coberturas tradicionais em Portugal”.

2.2.2 A madeira como isolante térmico na construção civil

Muitas propriedades da madeira fazem com que esta seja um material atraente para a construção civil, como por exemplo, o “baixo consumo de energia para seu processamento, a alta resistência específica, as boas características de isolamento térmico e elétrico, além de ser um material muito fácil de ser trabalhado manualmente ou por máquinas” (ZENID, 2011). Graças às características apreciáveis que apresenta, seu emprego se estende a construções de pontes, igrejas, residências, dentre outras construções.

A madeira tem perdido espaço na sua função estrutural, mas ainda é largamente aplicada na produção de móveis, esquadrias, telhados e pisos. Como pode ser visto em Miotto (2002), a madeira,

por ser um material renovável, biodegradável e com um baixo consumo de energia em todas as fases de sua produção, aliado à sua elevada resistência mecânica, é empregada frequentemente na fabricação de componentes para edificações, tais como: painéis divisórios, portas, caixilhos, lambris, forros e pisos.

Como é possível perceber, as esquadrias de madeira são destaque nas edificações devido ao valor estético que agrega, uma vez que seu uso confere nobreza e sofisticação nos acabamentos, o que faz da madeira uma excelente matéria prima para fabricação de esquadrias (RODRIGUES, 2015). As esquadrias de madeira podem ser encontradas tanto em obras simples quanto nas mais modernas, uma vez que proporcionam uma estética agradável e sofisticada. De acordo com este mesmo autor, a proteção de tais esquadrias deve ser feita com o auxílio de substâncias químicas de modo a aumentar sua vida útil, estando disponível no mercado uma enorme linha de produtos que podem ser utilizados para este fim.

A madeira apresenta baixa condutividade térmica, decorrente de sua estrutura celular que contém como uma das principais substâncias a celulose, um mau condutor de calor, além da estrutura do xilema, que faz com que massas de ar fiquem aprisionadas internamente. Outro fator que colabora para que a madeira tenha característica isolante é que nela o calor se propaga menos no sentido perpendicular às fibras; como as trocas térmicas tendem a ocorrer atravessando a madeira, as fibras representam uma resistência à transferência de calor. Por apresentar essa baixa condutividade, a madeira é muito utilizada como elemento estrutural em países de clima frio, pois consegue reter o calor no ambiente. Já em países de clima quente o seu uso é feito pensando na menor absorção de calor para o interior da edificação. Mas em ambos os casos o uso da madeira pode proporcionar conforto térmico ao ambiente (MADY, 2008).

2.2.3 As pontes de madeira

Muitas estruturas de madeira ainda podem ser encontradas atualmente no cotidiano, mesmo estas tendo sido projetadas há algumas décadas. Este fato se deve à alta durabilidade que apresentam quando dimensionadas e conservadas de maneira adequada. Dentre algumas destas estruturas podemos citar as pontes de madeira, muito comuns em regiões de zona rural e cidades do interior, onde devido a sua elevada disponibilidade têm se mostrado

economicamente viável. Apesar de terem sido construídas em outras épocas, algumas muito antigas, é possível encontrá-las atualmente. Por exemplo, a Figura 2 apresenta uma ponte localizada entre os km 0 a 79.9 da BR 367 (DNIT, 2018), ainda resistindo a esforços provavelmente superiores para os quais foi dimensionada. Isso faz deste material um forte aliado da construção civil.

Figura 2 - Ponte na BR 367 entre as cidades de Jacinto e Salto da Divisa (MG)



Fonte: Kiau Notícias

Outro ponto interessante é o uso da madeira em fundações das estruturas como as pontes visto que, quando imersa totalmente em água, este material não sofre ataque de microrganismos conseguindo manter-se preservada, aumentando o tempo de vida útil das fundações. De acordo com Miná e Dias (2008),

As estacas de madeira apresentam muitas vantagens, tais como: leveza, flexibilidade, possui boa resistência a choques, possui conicidade natural que facilita o desenvolvimento do atrito lateral, e é matéria-prima natural e renovável. Além disso, as estacas de madeira apresentam durabilidade quase que ilimitada quando trabalham completamente abaixo do lençol freático.

Entretanto, muitas pontes, assim como outras estruturas, estão visivelmente em estado de intensa degradação, como é o caso daquelas construídas em estradas no meio rural. De acordo com Milani e Kripka (2012), “com relação às pontes de madeira existentes nestas vias é possível afirmar que não são projetadas e construídas por técnicos e construtores especializados em madeiras”. A execução destas obras sem o emprego dos procedimentos apropriados faz com que a madeira não proporcione muitos dos benefícios que dispõe, onde futuramente serão necessárias intervenções e reparos geralmente muito onerosos.

Um caso que retrata tal situação, é o que se refere à ponte sobre rio Itambacuri I, localizada no km 313 da BR - 116/MG. Trata-se de uma ponte com fundações profundas feitas em estacas de madeira, que apresenta características semelhantes às pontes projetadas até o ano de 1950. Em função dos processos erosivos ocorridos às margens do rio, estas estacas acabaram ficando expostas com o passar do tempo, deixando a condição ideal de imersão total em água e passando a estar vulneráveis aos fatores ambientais. “Nessa situação, e principalmente por serem de madeira, as estacas estão suscetíveis a deterioração e ao ataque biológico e por isso estão perdendo seção transversal [...]” (DNIT, 2010). As estacas desconfinadas podem ser observadas nas figuras abaixo.

Figura 3 - Estacas desconfinadas suscetíveis ao ataque biológico



Fonte: DNIT, 2010

Devido às condições precárias em que se encontrava, foram realizadas intervenções na ponte, adotando-se medidas que pudessem retardar a evolução das patologias encontradas, sendo uma destas medidas o recobrimento das estacas desconfinadas, uma vez que havia o risco de rompimentos.

Milani e Kripka (2012) ainda afirmam que “a deterioração da madeira é um processo que altera negativamente as suas propriedades, podendo ser atribuída a duas causas principais: agentes bióticos e agentes abióticos”. Desse modo, o estudo destes organismos deve ser realizado a fim de se obter conhecimentos específicos que possam auxiliar o profissional a eliminar ou ao menos reduzir estes efeitos. Portanto, a aplicação de técnicas de construção específicas para a utilização deste material poderá garantir o não desenvolvimento de patologias, bem como uma maior resistência frente aos esforços aplicados.

2.2.4 A presença da madeira em sistemas construtivos

As estruturas *drywall* são um outro exemplo de aplicação da madeira, visto que esta pode ser utilizada como reforço interno em caso onde as cargas atuantes ultrapassem os limites estabelecidos pelos fabricantes (NUNES, 2015). Em países como Estados Unidos e Japão, o uso deste tipo de estrutura é amplamente difundido, porém no Brasil este segmento encontra-se ainda em fase de consolidação, mas com bom crescimento no ramo da construção civil.

Figura 4 - Suportes em madeira para estrutura drywall



Fonte: ArchiExpo

Assim como o *drywall*, a tecnologia *wood frame* vem sendo utilizada em outros países há alguns anos, tendo chegado ao Brasil recentemente (SOUZA, 2013). Neste sistema a madeira é utilizada nas estruturas internas das paredes, telhado e também nos pisos. Segundo Molina e Junior (2010),

o wood frame para casas consiste num sistema construtivo industrializado, durável, estruturado em perfis de madeira reflorestada tratada, formando painéis de pisos, paredes e telhado que são combinados e/ou revestidos com outros materiais, com a finalidade de aumentar os confortos térmico e acústico, além de proteger a edificação das intempéries e também contra o fogo.

Ainda de acordo com os autores, em países como os Estados Unidos, a tecnologia *wood frame* é utilizada em 95% das casas construídas, proporcionando uma estrutura mais leve e de rápida execução. As figuras abaixo apresentam exemplos deste tipo de solução

construtiva. Na Figura 5 tem-se a fachada e na Figura 6 a parte interna de construções feitas de *Wood Frame*.

Figura 5 – Fachada em *Wood Frame*



Fonte: SANTOS, 2016

Figura 6 – Parte Interna em *Wood Frame*



Fonte: Escola Engenharia

No Brasil, tem-se optado pelo Pinus como matéria prima, sendo esta uma madeira de reflorestamento e com crescimento rápido. Com base em Souza (2013), “a madeira é o único material de construção renovável, que demanda baixo consumo energético para produção, e seqüestra carbono da atmosfera durante o crescimento da árvore.” Além disso, de acordo com Molina e Júnior (2010), “há preferência pelo pinus por sua elevada permeabilidade ao tratamento em autoclave, fundamental para evitar o ataque de organismos xilófagos”.

Portanto, de modo geral, a madeira se mostra tão competitiva quanto as demais alternativas de construção, contando ainda com fácil trabalhabilidade, além de um excelente desempenho térmico e acústico.

2.3 Normatização para ensaios com uso de corpos de prova de madeira

Conforme previsto pela Norma Projeto de Estruturas de Madeira (NBR 7190:1997), devem ser feitos ensaios com corpos de prova para que sejam analisadas as propriedades da madeira, sendo estabelecidas as dimensões que as amostras devem apresentar para serem submetidas aos diferentes ensaios. No que diz respeito ao Ensaio de Compressão Paralela às Fibras por exemplo, a amostra deve ter formato prismático, com seção transversal quadrada de 5cm de lado e 15cm de comprimento, tendo como objetivo a “Determinação da resistência e da rigidez à compressão normal às fibras da madeira de um lote considerado homogêneo.” (NBR 7190:1997).

Como pode ser visto, tais dimensões não representam fielmente os elementos estruturais normalmente utilizados, o que pode gerar resultados questionáveis e não coerentes.

Existem diversos tipos de madeira e, sendo assim, cada um destes tipos apresentam características intrínsecas, como fissuras, nós, empenamento, além de outros defeitos que não são levados em consideração pela NBR 7190:1997, para os corpos de prova que serão utilizados.

As particularidades e defeitos que cada tipo dispõe irão influenciar diretamente na resistência e desempenho da estrutura. Desse modo, segundo Santos (2016), faz-se necessário

avaliar as propriedades de resistência e rigidez através de métodos que considerem estas imperfeições. Para tanto, deve-se recorrer aos métodos de ensaio com corpos de prova de tamanho real, como é o caso do documento normativo ASTM ISO 13910:2005 e o código europeu de normas EUROCODE EN 408:2010, que preconizam ensaios com corpos de prova estruturais suscetíveis a presença de defeitos.

Apesar destas metodologias serem mais precisas e próximas das condições reais, no Brasil atualmente ainda utiliza-se a NBR 7190:1997 que estabelece ensaios com corpos de prova com dimensões reduzidas e livres de imperfeições.

Apesar disso, para efeito de motivação dos estudos interdisciplinares aqui sugeridos, é possível utilizar corpos de prova de menores dimensões que os de tamanho real, facilitando assim as atividades práticas que os docentes poderão realizar em laboratório de ensino.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Esse trabalho trata, dentre outros assuntos, da introdução de sequências didáticas e práticas pedagógicas que possibilitem a interdisciplinaridade da MB com outras unidades curriculares do curso de EC. A fundamentação na construção dessas atividades se pautou em amplas discussões entre os pesquisadores de diferentes áreas, como Biologia, Física, e Engenharia Civil. Nessa tarefa o procedimento da pesquisa se baseou numa metodologia de origem francesa, denominada Engenharia Didática¹ (ED).

Essa metodologia foi proposta por estudiosos franceses na década de 1980 e tem se mostrado bastante apropriada na formulação de métodos de ensino e no desenvolvimento de sequências didáticas adequadas ao processo de aprendizagem dos estudantes. Essa metodologia e suas derivações, inicialmente, foram muito utilizadas para tratar diversos problemas da Matemática, mas atualmente pode ser encontrada, também, aplicada em outras áreas, como por exemplo no Ensino de Ciências (GUIMARÃES *et al.*, 2015).

Na ED o procedimento de validação é realizado internamente, não necessitando de grupo de controle como se dá na estatística básica. Por outro lado, é preciso controlar os dados para que os resultados sejam realmente confiáveis e consistentes, propondo hipóteses simples e possíveis de se verificar. Por esta razão, todos os roteiros produzidos neste trabalho se fundamentam nas etapas propostas nessa metodologia, de modo a garantir que a sequência didática contribua com o processo de aprendizagem dos estudantes, bem como possibilite a inserção interdisciplinar dos assuntos abordados, buscando a validação das hipóteses da pesquisa.

3.1 As etapas da Engenharia Didática e as respectivas ações adotadas

Numa adaptação à concepção original da ED, proposta pela pesquisadora Michèle Artigue (1996), seu desenvolvimento se dá por meio da aplicação das quatro etapas seguintes:

- (1) Análises Preliminares: Levantamento exaustivo acerca das questões didáticas referentes aos assuntos que serão investigados;
- (2) Concepção do experimento e análise a priori: Escolha da metodologia de ensino e estruturação da situação didática e das hipóteses que serão investigadas;

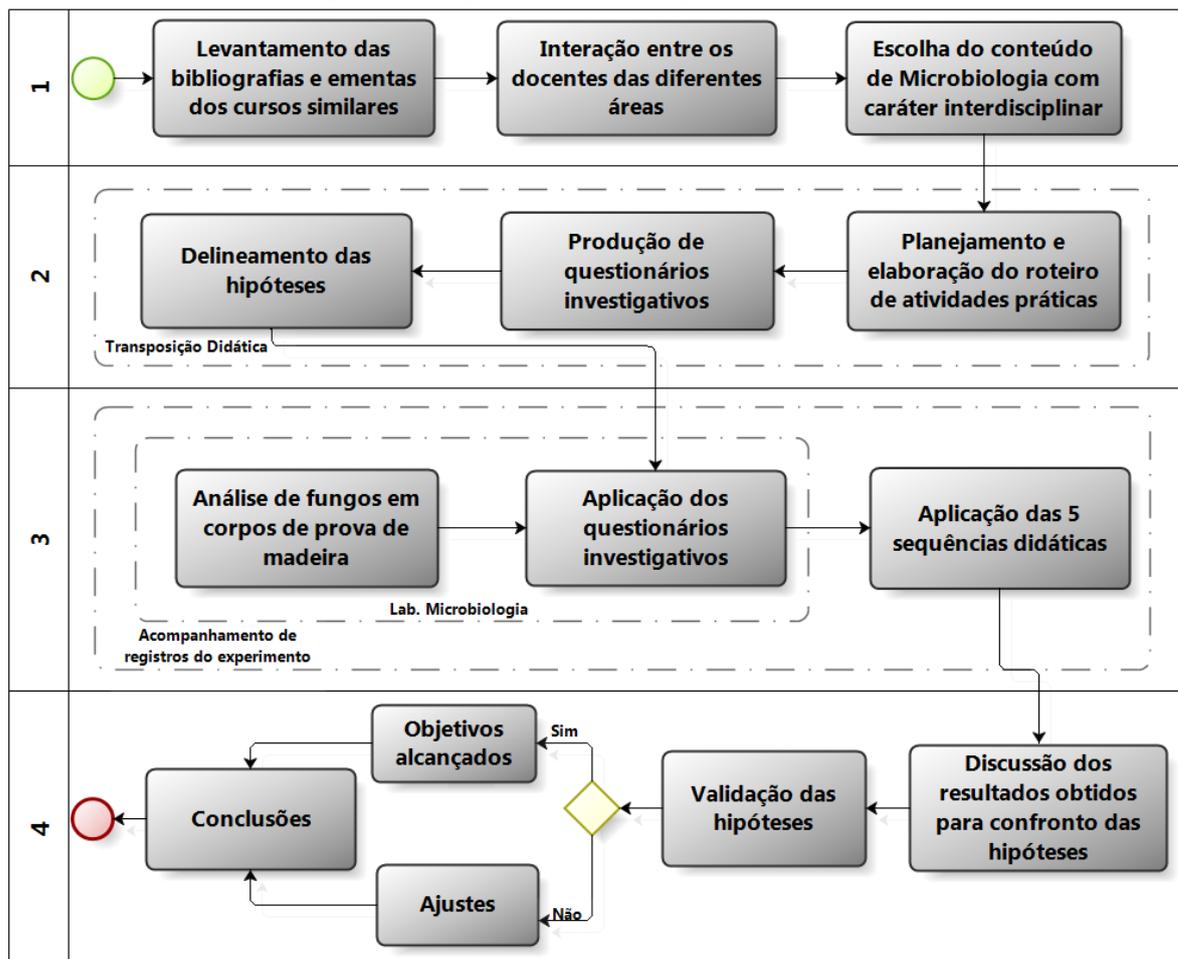
¹Essa denominação se deu pelo entendimento de que se trata de tarefa semelhante à de um Engenheiro, no que tange ao processo de um planejamento bem elaborado, onde a construção é baseada nos conhecimentos prévios dos indivíduos da pesquisa e no meio onde estão inseridos (ARTIGUE, 1996).

- (3) Experimentação e análise a posteriori: Aplicação das sequências didáticas, bem como análise das observações de acordo com as hipóteses levantadas na etapa anterior;
- (4) Validação: Análise dos resultados e dos respectivos testes aplicados na etapa 3, com o intuito de validar ou não as hipóteses levantadas na etapa 2.

Neste trabalho nos concentramos nas duas primeiras etapas da Engenharia Didática, já que o objetivo era obter uma proposta de atividade de ensino de caráter interdisciplinar. As duas etapas seguintes foram executadas posteriormente, através da aplicação de sequência didática, porém sem o objetivo de investigar a aprendizagem dos alunos do curso, mas apenas a viabilidade das propostas e a verificação de necessidade de alterações, ajustes, acréscimos etc.

Para auxiliar no entendimento das ações adotadas aqui, a Figura 7 apresenta as descrições das tarefas que foram ou que serão executadas, de acordo com a ED.

Figura 7 – Etapas inerentes à Engenharia Didática



Fonte: Próprio Autor

De acordo com essa metodologia, a forma de se investigar o objeto da pesquisa e analisar os resultados obtidos não necessita de procedimento estatístico. Entretanto, para que o processo de validação tenha confiabilidade é necessário que os registros das observações durante a experimentação (etapa 3) sejam bem controlados, por exemplo por meio de anotações, questionários, filmagens ou gravações de áudio. Desse modo, por se tratar de uma pesquisa que lida com o comportamento dos indivíduos para conclusão dos dados, todas as observações devem ser analisadas e discutidas entre os pesquisadores.

3.2 Conectando a metodologia de pesquisa com a metodologia de ensino

No desenvolvimento deste trabalho, que trata de questões voltadas para a educação, é necessário focar na escolha da metodologia de ensino e das práticas pedagógicas, de modo que elas sejam apropriadas e contribuam com a aprendizagem dos conteúdos abordados. Com isso, a metodologia aplicada ao ensino seria uma ferramenta para facilitar a conexão entre os diferentes saberes auxiliando na retenção do conhecimento adquirido pelo futuro Engenheiro, que deverá ser capaz de buscar o saber apreendido quando for necessário.

Nesse sentido, a Transposição Didática (CHEVALLARD, 1991), uma proposta pedagógica que indica ação efetiva no âmbito educacional, é uma excelente aliada. A base dessa proposta está no desenvolvimento de estratégias eficazes, que possam compor as diferentes metodologias de ensino, envolvendo componentes fundamentais que colaborem com a aprendizagem, especialmente a interdisciplinaridade, que é o assunto principal deste trabalho.

Segundo Chevallard (1991), ela pode ser compreendida como um processo que realiza uma roupagem didática no conteúdo que será abordado, de maneira que os conceitos que os estudantes consideram como abstratos e de difícil entendimento sejam tratados de forma mais clara, sendo melhor aprendidos. De acordo com o autor, essa proposta se dá por meio de três partes distintas e fundamentais para que ocorra de fato a transposição do conhecimento: o saber sábio, o saber a ensinar e o saber ensinado. O “saber sábio” é apresentado, em geral, com uma linguagem não trivial e pouco compreensível nos livros didáticos e nas pesquisas científicas, e por isso muitas vezes não está pronto para ser ensinado aos estudantes. Cabe ao professor intervir na tentativa de transpor esse conhecimento por meio do “saber a ensinar”, onde após essas transformações adaptativas o aluno consiga atingir o “saber ensinado”.

O outro componente que dá o delineamento a essa proposta é a contextualização, isto é, a forma com a qual deve ocorrer a produção do conhecimento, baseada em situações do

cotidiano. Pode-se chegar a esse fim, por exemplo, através de uma situação-problema idealizada, porém de caráter realístico, fazendo com que o aluno busque o conhecimento adquirido acerca do tema, dentro do contexto proposto, e o aplique corretamente. Portanto, a contextualização é tão, ou até mais importante, que a interdisciplinaridade, dentro da visão da Transposição Didática (ALMEIDA, 2011).

Nessa pesquisa, as etapas em que o aluno é o principal sujeito onde tem uma participação fundamental são nas respostas dos questionários que serão aplicados, acerca da importância da MB no curso, a realização da prática experimental com caráter interdisciplinar e a busca pela solução de um problema aplicado e contextualizado, baseado em caso real.

4 MATERIAIS E MÉTODOS PARA AS ATIVIDADES PROPOSTAS

4.1 Materiais e Métodos para a prática no laboratório de ensino

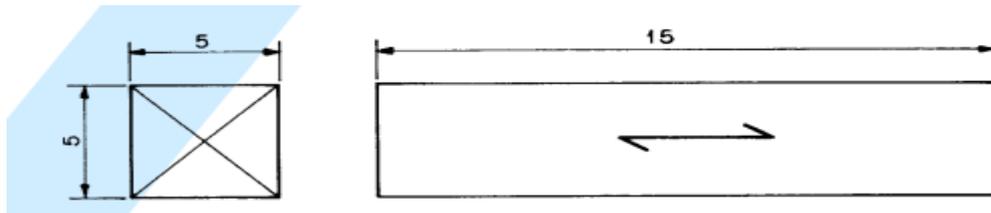
Os materiais necessários para a realização da prática em laboratório estão abaixo, e em geral encontram-se disponíveis nos laboratórios de Microbiologia convencional, com exceção dos potes de vidro que precisam ser solicitados aos alunos.

Materiais necessários para a atividade prática:

- Água destilada estéril;
- Alça de Drigalski;
- Algodão hidrofóbico;
- Autoclave;
- Balança de precisão;
- Corpos de prova de madeira Pinus sp. (5,0x5,0x15,0) cm³;
- Erlenmeyer;
- Espátula;
- Estufa de secagem;
- Meio de cultivo (Batata - Dextrose - Ágar);
- NaCl 0,85%;
- Placas de Petri;
- Paquímetro;
- 2 Potes de vidro com capacidade maior ou igual a 500ml;
- Proveta;
- Solo esterilizado.

A madeira Pinus pode ser encontrada largamente no comércio, tendo em vista que ela é uma das mais utilizadas. Deve-se verificar com o fornecedor se a amostra já foi submetida a algum tipo de tratamento previamente, uma vez que tal fato pode interferir nos resultados a serem obtidos na atividade prática descrita aqui. Além disso, para se ter um resultado em que se possa explorar mais conceitos acerca do material, é necessário se preocupar com as dimensões das amostras (Figura 8), buscando o que está estabelecido na NBR 7190:1997 para a realização do ensaio de compressão paralela às fibras da madeira.

Figura 8- Dimensões do corpo de prova para ensaio de compressão paralela às fibras



Fonte: NBR 7190:1997

O docente que aplicará a prática com os alunos deverá providenciar 6 amostras de madeiras para cada grupo de trabalho, de modo que 3 sofrerão o ataque fúngico e as outras 3 servirão de controle negativo, isto é, não sofrerão o ataque.

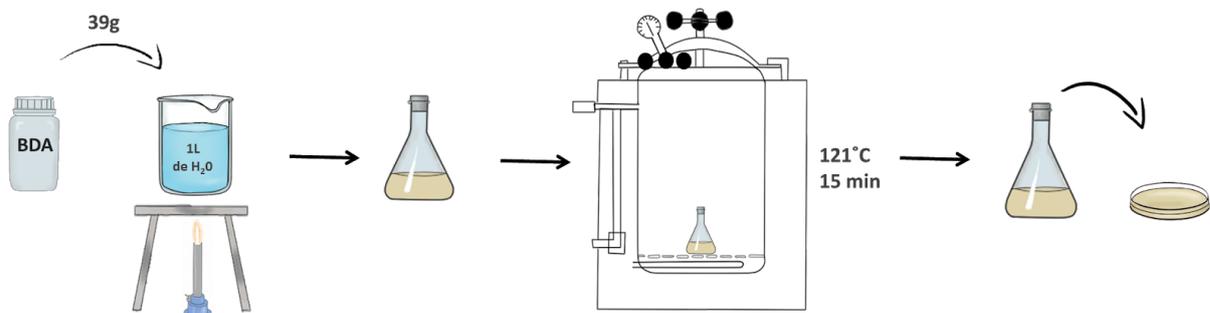
Os métodos para a realização desse experimento em laboratório seguem as etapas abaixo:

Preparo do meio de cultura

A sequência abaixo, também mostrada na Figura 9, indica a ordem de preparação do meio de cultura que será utilizado na atividade prática sugerida neste texto:

1. Pesar em balança de precisão 39g do meio de cultura de batata (BDA);
2. Suspender o material pesado em 1L de água destilada;
3. Aquecer, agitando frequentemente, e ferver por 1 minuto até que o meio se dissolva completamente;
4. Autoclavar a mistura a 121°C por 15 minutos;
5. Transferir para placas de Petri esterilizadas;
6. Manter as placas a 4° C até sua utilização para cultivo dos fungos.

Figura 9 - Preparo do meio de cultura



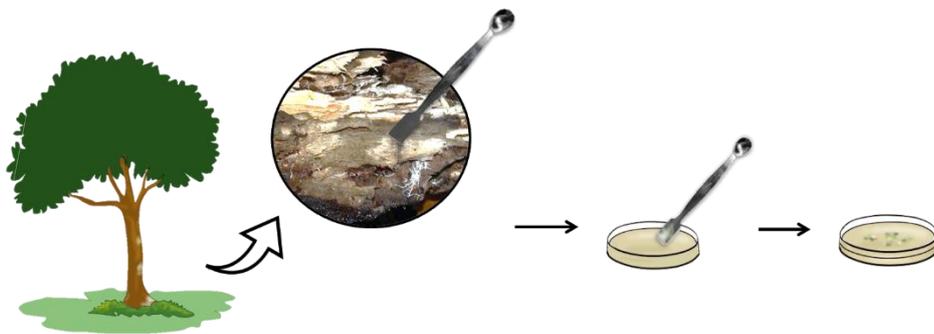
Fonte: Próprio Autor

Coleta e isolamento dos fungos

Para a coleta e posterior isolamento dos fungos que serão utilizados para o ataque dos corpos de prova devem ser realizadas as seguintes etapas, também representadas na Figura 10:

1. Localizar nos arredores do campus da Universidade árvores ou pedaços de madeira atacados por fungos;
2. Coletar, com o auxílio da espátula esterilizada em autoclave, amostras dos fungos encontrados, por meio de raspagem superficial da madeira contaminada;
3. Depositar os fungos coletados na superfície de uma placa de Petri com meio BDA;
4. Manter as placas de Petri em temperatura ambiente por 7 dias para que as colônias sejam visíveis em toda a sua superfície.

Figura 10 - Coleta e isolamento dos fungos



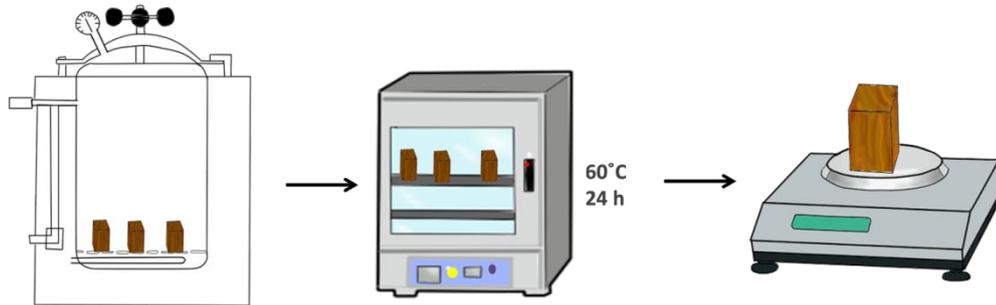
Fonte: Próprio Autor

Esterilização das amostras de madeira

A esterilização das amostras deve ser realizada para controlar e impedir que os microrganismos do ambiente entrem em contato com o corpo de prova e interfiram na análise dos resultados finais. A seguir são apresentadas as etapas para esse procedimento, do mesmo modo como se observa na Figura 11 ilustrativa.

1. Autoclavar as amostras de madeira;
2. Secá-las em estufa a 60°C durante 24 horas;
3. Pesar as amostras em balança de precisão.

Figura 11- Esterilização e pesagem das amostras de madeira



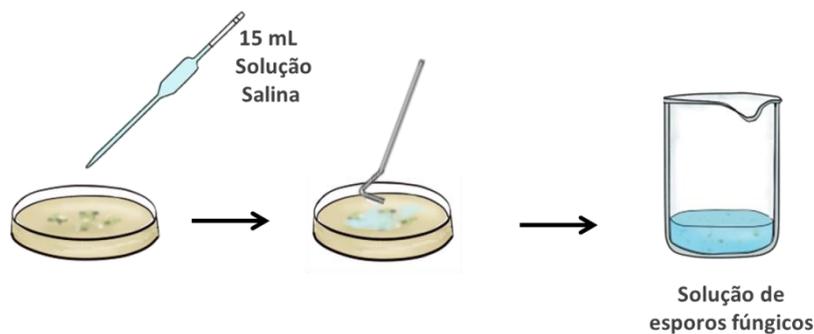
Fonte: Próprio Autor

Preparo da solução com suspensão fúngica

O procedimento seguinte refere-se à preparação da solução a partir dos fungos que formaram colônias nas placas de cultivo. Os passos a seguir, também representados na Figura 12, descrevem a preparação da referida solução.

1. Adicionar 15 ml de solução salina (NaCl 0,85%) na superfície das placas de Petri já colonizadas pelos fungos;
2. Raspar suavemente, com a ajuda da alça de Drigalski, a superfície da placa para remoção das estruturas fúngicas.
3. Armazenar a solução em um béquer.

Figura 12 - Preparo da solução com suspensão fúngica



Fonte: Próprio Autor

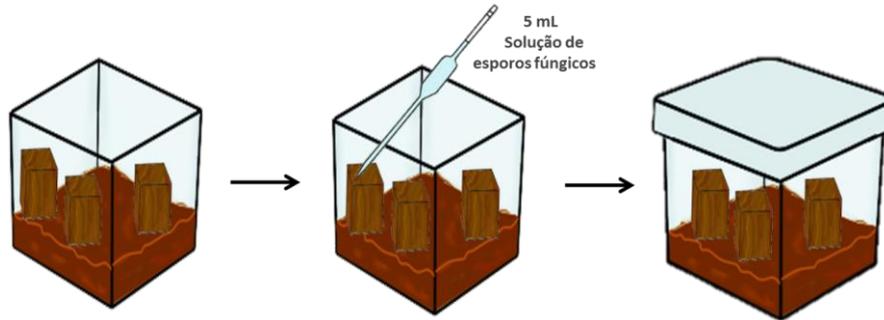
Câmara úmida com suspensão fúngica

Para favorecer o crescimento dos fungos nos corpos de prova de madeira, é possível simular um ambiente conforme sequência abaixo, e mostrado na Figura 13.

1. Colocar 3 amostras de madeira em potes de vidro com capacidade maior ou igual a 500ml, previamente esterilizados, contendo 300g de solo autoclavado;
2. Adicionar 5ml da suspensão fúngica na superfície de cada amostra de madeira;

3. Fechar bem os potes de vidro e armazená-los à temperatura ambiente por, no mínimo, 60 dias.

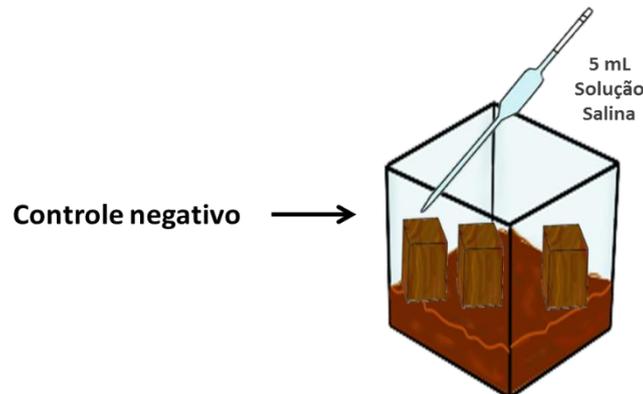
Figura 13 - Câmara úmida com suspensão fúngica



Fonte: Próprio autor

Por fim, é preciso repetir os procedimentos acima, apenas mudando a solução utilizada na segunda etapa por 5ml de solução salina (NaCl 0,85%). Isto fará com que se tenha um padrão de comparação negativo (Figura 14), pois essas 3 amostras não serão submetidas ao ataque fúngico.

Figura 14– Controle Negativo



Fonte: Próprio Autor

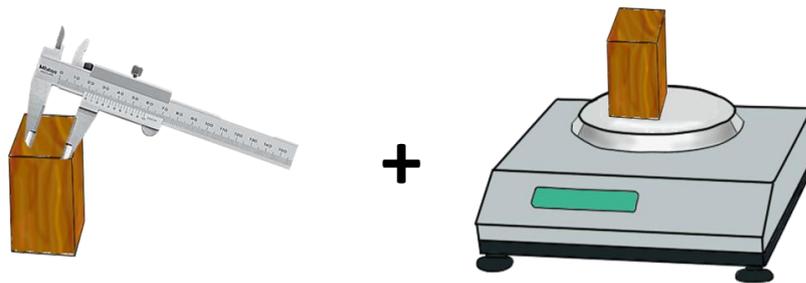
Avaliação da alteração de massa

Para comparar os efeitos do ataque dos fungos nos corpos de prova é necessário aferir suas dimensões, com a utilização de paquímetros, e registrar a massa de cada objeto utilizando uma balança de precisão, como mostra a Figura 15. Ao final desse procedimento, os estudantes terão três medidas de peso e dimensões de comprimento, para cada corpo de prova, para fins de comparação.

A avaliação deve ser feita em três etapas da sequência didática:

1. No segundo dia de atividade, antes do ataque fúngico;
2. Após um tempo mínimo de 60 dias, no terceiro dia após o ataque fúngico e antes da secagem;
3. No quarto dia, após a secagem.

Figura 15 – Dimensões e pesagem dos corpos de prova



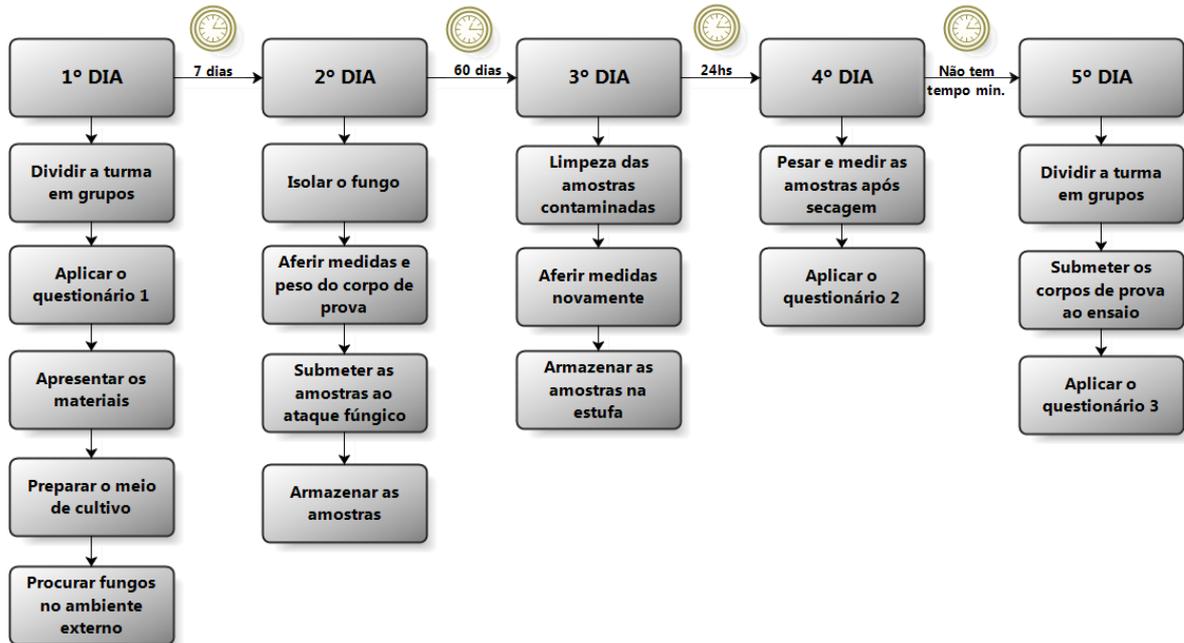
Fonte: Próprio autor

4.2 Materiais e Métodos para as atividades didáticas

O uso de recursos pedagógicos, como questionários investigativos e atividades práticas, são fundamentais na concepção dessa tarefa. Com a aplicação de sequência didática é possível levantar a questão acerca da importância de se estudar MB no curso de Engenharia, abordando a influência dos microrganismos na escolha do uso de materiais na construção civil.

O roteiro para a realização dessas atividades em laboratório pode seguir as etapas apresentadas na Figura 16. Essa fase compreende a etapa 3 da ED.

Figura 16 - Fluxograma das atividades a serem desenvolvidas



Fonte: Próprio Autor

1º Dia de atividade

Os métodos da atividade iniciam-se com uma investigação prévia no primeiro dia de atividade, onde questiona-se os alunos individualmente por meio do questionário 1, com o intuito de saber se estes percebem alguma aplicabilidade da Microbiologia em outras disciplinas dos cursos de Engenharia. Para efeito de pesquisa as folhas de resposta não precisam ser identificadas com os nomes dos alunos, a fim de que estes não se sintam inibidos ao responder.

Os acadêmicos devem se dividir em grupos, uma vez que a turma pode conter um número elevado de alunos. Após isso deve-se explicar os procedimentos necessários para a realização da prática em laboratório, bem como apresentar os materiais que serão utilizados.

Por fim, os grupos devem preparar o meio de cultivo e em seguida sair em busca de fungos presentes no ambiente externo ao laboratório no qual se encontram.

2º Dia de atividade

O segundo dia de atividade deve ocorrer uma semana após o primeiro dia, pois é o tempo mínimo para que se formem as colônias de microrganismos.

Com os grupos de trabalho já estabelecidos os alunos irão receber as placas de Petri com os fungos cultivados a partir da atividade anterior. Caso haja mais de um tipo de microrganismo eles devem diferenciá-los e observar como os fungos se desenvolveram no

decorrer de uma semana. Além disso, precisam receber os 6 corpos de prova e realizar a primeira aferição dos pesos e dimensões, anotando os valores obtidos.

Em seguida, para o preparo da solução fúngica, serão entregues para cada equipe recipientes onde serão depositados os corpos de prova juntamente com uma porção de solo autoclavado, a fim de simular a umidade do ambiente adequada para o desenvolvimento dos fungos. Feito isso, será adicionada a suspensão fúngica sobre 3 corpos de prova e estes serão armazenados em temperatura ambiente por um período de no mínimo sessenta dias para que possa ser observada uma mudança significativa nas amostras de madeira devido ao ataque dos fungos. Os outros 3 corpos de prova serão aspergidos por uma solução salina para fim de controle negativo e em seguida armazenado em um segundo pote de vidro.

3º Dia de atividade

O tempo mínimo de espera para iniciar as atividades do terceiro dia é de 60 dias contados a partir do termino do 2º dia de atividade. A partir daí os grupos retornarão ao laboratório de Microbiologia para remover as partículas de solo presentes nas amostras e realizarem uma nova aferição e registro do peso e das dimensões das mesmas.

Neste momento da intervenção é importante que o docente que esteja acompanhando a atividade deixe claro para os acadêmicos que as amostras precisam passar por um processo de secagem. Ao final desse dia de atividade as amostras deverão ser armazenadas em estufa.

4º Dia de atividade

Após esse período de secagem, de no mínimo 24 horas, os estudantes receberão o questionário 2, para que eles anotem os dados na tabela, referentes à nova pesagem e dimensões dos corpos de prova. Além disso, nesse mesmo questionário há 3 perguntas que serão apresentadas na seção seguinte.

5º Dia de atividade

Para o fechamento desta intervenção didática, propõe-se uma prática a ser realizada num laboratório de engenharia, como parte de atividade interdisciplinar conectando a Microbiologia e a Resistência dos Materiais. Os procedimentos para realização da mesma serão descritos na seção seguinte. Vale ressaltar que é necessária uma reunião de planejamento entre os docentes responsáveis pelas disciplinas, onde serão determinados os principais pontos de interesse a serem analisados com esta atividade prática.

Sugere-se a permanência dos grupos do primeiro dia de atividade e o acréscimo nestas equipes de 2 a 4 novos componentes da turma de Resistência I para que ocorra uma discussão organizada e também o compartilhamento de conhecimentos.

O papel do professor de Resistência é fundamental para que sejam planejados e explicados os procedimentos da prática em laboratório segundo a NBR 7190. Além disso, ele poderá auxiliar os estudantes no momento da interpretação dos valores encontrados no ensaio de compressão realizado com as amostras de madeira seca com e sem a contaminação de fungos.

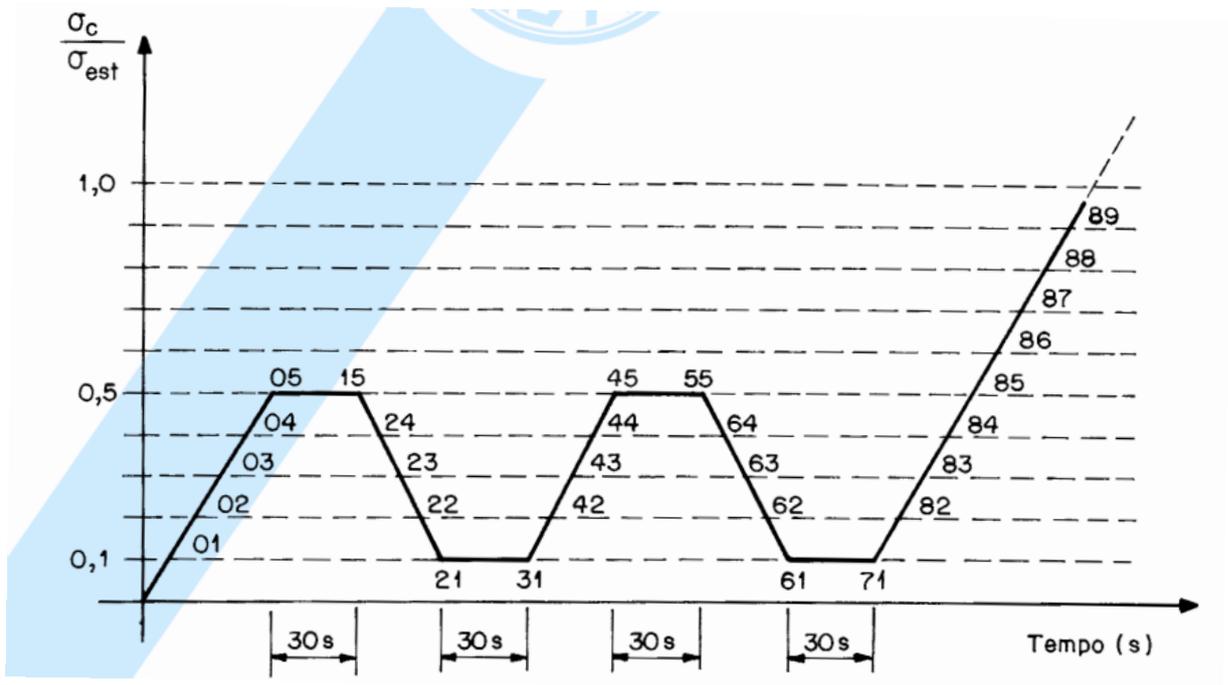
4.3 Métodos para a avaliação da resistência à compressão do material

É indicado que o professor responsável pela disciplina de Resistência dos Materiais calibre a máquina que será utilizada antes do início da atividade com os alunos. Para isso ele precisa ter conhecimento sobre o equipamento a ser utilizado, tendo em vista que há diferentes tipos de máquinas de ensaio mecânico para testes físicos laboratoriais.

Nesse sentido, algumas destas podem operar em função da inserção de parâmetros iniciais, como é o caso da Máquina Universal Servo Mecânica, que requer a introdução de parâmetros como o ciclo de carga e descarga, bem como a taxa em que esse processo ocorre até que seja atingida a tensão de ruptura do material. Isto é necessário devido ao fato de ao aplicar a força pode ser gerada uma excentricidade na amostra ensaiada, comprometendo os resultados finais.

A Figura 17 mostra um gráfico que permite determinar a rigidez da madeira mediante um ensaio de compressão. Os ciclos de carregamento e descarregamento, com o intervalo de tempo de descanso de 30 segundos, mostrados no diagrama, são baseados no anexo B da NBR 7190/1997.

Figura 17 - Diagrama de carregamento para determinação da rigidez da madeira à compressão



Fonte: NBR 7190/1997

Como na UFVJM as turmas geralmente possuem um número elevado de estudantes, se torna inviável realizar o ensaio de compressão com as amostras de todos os grupos, no horário de aula, tendo em vista que cada grupo possui um total de 6 amostras. Portanto, caso não haja disponibilidade fora do horário de aula, uma sugestão pode ser levar os estudantes ao laboratório para realizar o ensaio com apenas 6 amostras, de maneira que todos os estudantes tenham acesso aos dados fornecidos pelo ensaio.

De posse dos resultados obtidos pelo ensaio, especialmente da tensão de ruptura dos corpos de prova, os grupos podem responder ao questionário 3, que traz questões referentes a assunto específico da Engenharia Civil.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente trabalho buscou investigar a utilização de atividades interdisciplinares de Microbiologia e outras disciplinas da Engenharia Civil, de modo a contemplar o que está proposto no PPP do curso de C&T da UFVJM, como forma de motivação do estudo de MB nos cursos de Engenharia.

Os resultados se basearam, inicialmente, em levantamentos bibliográficos acerca da disponibilidade de material de apoio de caráter interdisciplinar para utilização em conteúdos de MB, bem como nos modelos de curso com formatos semelhantes ao bacharelado em Ciência e Tecnologia e Engenharia Civil da UFVJM. Além disso, levantou-se os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conteúdos que seriam abordados na atividade experimental, servindo como base para a confecção das demais atividades sugeridas neste trabalho, bem como a estrutura física disponível para sua implementação.

Todas as tarefas realizadas aqui estão fundamentadas na metodologia de pesquisa denominada Engenharia Didática e os resultados serão discutidos dividindo-se os assuntos conforme as etapas determinadas por essa metodologia.

5.1 Sobre as Análises Preliminares

O levantamento bibliográfico acerca do ensino de Microbiologia ou disciplinas afins em cursos similares ao bacharelado em C&T da UFVJM mostrou que muitas Instituições adotam livros clássicos, sem que haja o foco de aplicação em áreas da Engenharia, por exemplo. Os livros para fins didáticos presentes na maioria das bibliografias básicas da disciplina de Microbiologia são o Tortora *et al.*, (2016) e o Madigan *et al.*, (2016). Essas duas referências tratam bem os conceitos e possuem muitos exercícios de fixação, mas não fazem uma abordagem que promova ou facilite a interdisciplinaridade entre essa disciplina e as Engenharias, especialmente a Civil.

O tema abordado na disciplina de Microbiologia capaz de proporcionar a interdisciplinaridade com a Resistência dos Materiais vista no curso de Engenharia Civil também foi assunto nesta etapa da pesquisa. Diversas reuniões entre os professores das diferentes áreas possibilitaram a aplicabilidade dos conteúdos de maneira proveitosa para os alunos. O assunto relativo à contaminação de fungos em madeiras foi determinado como mais viável para ser abordado, fundamentando-se em Trabalho de Conclusão de Curso realizado anteriormente por alunos de Microbiologia (JARDIM *et al.*, 2018). Naquele momento o

objetivo era propor uma atividade motivacional para a disciplina, sem a preocupação de se relacionar com as demais unidades curriculares mais específicas da Engenharia Civil.

Outro ponto importante, avaliado nesta etapa da metodologia de pesquisa, que deve ser comentado é que a estrutura física de cada Instituição vai determinar a metodologia de ensino mais adequada para o docente trabalhar, dentro de sua realidade. Em nosso caso, considerando o número elevado de alunos por turma, torna-se inviável a realização personalizada de algumas atividades. Vimos que o experimento no laboratório de MB trouxe alguns contratempos, provavelmente em função de se ter muitos estudantes lidando com a prática e aumentando a possibilidade de contaminação não desejada. Esse efeito acaba comprometendo os resultados e as medidas de alguns grupos, ou mesmo de todos, podendo não ser confiáveis. Da mesma forma com as atividades no laboratório de resistência de materiais.

Um último ponto importante que foi analisado é a questão do tempo que os corpos ficarão aguardando, que sugerimos o mínimo de 60 dias por questões de viabilidade, considerando que um semestre tem, geralmente, 15 semanas (100 dias aproximadamente). Entretanto, durante as análises da perda de massa ou mesmo no ensaio da compressão que fizemos como teste de avaliação da viabilidade, ficou entendido que o resultado poderia ser melhor se o tempo fosse aumentado para mais de 60 dias, talvez 90 seja o mínimo ideal.

5.2 Conceção e Análise a Priori

Os constantes diálogos entre os profissionais das diferentes áreas nesta pesquisa, a partir das análises preliminares desenvolvidas na etapa anterior, possibilitaram a concepção de questionários e roteiros de atividades de laboratório que contemplassem a questão interdisciplinar como se desejava. Desse modo, elaborou-se 3 propostas de questionários para serem aplicados durante toda a intervenção pedagógica. Os dois primeiros questionários foram testados com alunos do curso, sem a pretensão de avaliar a aprendizagem, mas apenas como forma de testar a viabilidade das atividades sugeridas. Simulamos a aplicação desses questionários, roteiros e experimento e vamos apresentar os dados de forma genérica, apenas para corroborar com a afirmação de que a atividade traz pontos extremamente positivos para a proposta de interdisciplinaridade.

Para compor o levantamento de dados que será verificado posteriormente, já que a Engenharia Didática não necessita de estatística como já foi dito, foram feitas as hipóteses para cada uma das perguntas elaboradas. Finalizado o experimento é necessário confrontar as

2. Observe a tabela 2 que se refere à variação da massa e do volume. Para cada caso, analise se houve a diminuição, o aumento ou nenhuma alteração significativa da massa. Faça o mesmo para o volume

Hipótese: O aluno será capaz de perceber a variação da massa e alguns poderão encontrar e perceber a variação nas dimensões do corpo de prova

As tabelas disponibilizadas aos estudantes são para facilitar a identificação das possíveis variações de volume, massa e também de densidade. Essa variação pode surgir devido ao fato da pesagem ocorrer em três momentos distintos, sendo estes: antes do ataque fúngico; depois do ataque, mas antes da secagem; e após a secagem.

Com o intuito de estimular a discussão, bem como investigação acerca da prática, será solicitado ainda que registrem as dimensões das amostras. Desse modo, espera-se que surja entre os alunos, questionamentos quanto aos dados coletados, e como estes podem ser interpretados.

De posse do volume e da massa do material, os estudantes deverão encontrar a densidade do corpo de prova, podendo ser observada a variação entre a densidade da amostra contaminada e a não contaminada. Mesmo que os valores possam não servir para efeitos conclusivos acerca da relação da massa com o ataque dos fungos, já que o experimento não prevê estimar a perda de massa da madeira por método científico, pode ser possível que os estudantes observem a perda, sendo suficiente para o trabalho de ensino.

3. Caso você tenha observado alteração significativa da massa e/ou dimensões, a qual fator biológico você atribui tal variação? Justifique.

Hipótese: A maioria dos alunos será capaz de perceber que os fungos são os principais responsáveis pela variação da massa das amostras de madeira, porém nem todos saberão justificar que o fungo biodegradou a madeira e porquê.

É importante que o docente responsável pela disciplina de Microbiologia já tenha abordado o conteúdo sobre fungos em sala de aula antes da aplicação deste questionário, para que o aluno tenha base para fundamentar a sua resposta, bem como compreender o que os fungos podem causar em uma estrutura.

4. *Um senhor precisando reformar um telhado, buscou no fundo do seu quintal pedaços de madeiras de pinus que estavam ali armazenadas. Notou-se que a madeira continha pontos esverdeados com aspecto pulverulento, o senhor limpou a superfície dessa madeira com um pano umedecido e a utilizou na reforma do telhado. Após 6 meses, ele observou que toda a madeira do telhado estava semelhante a madeira coletada no seu quintal, além do chão da sua casa estar com um pó fino esverdeado. O senhor solicitou a ajuda de um Engenheiro que ao fazer a análise da madeira deu o seu diagnóstico. Você no lugar desse Engenheiro daria qual diagnóstico? O que ocasionou esse problema no telhado e qual a possível solução para reverter essa situação?*

Hipótese: Os alunos serão capazes de perceberem que o problema da madeira na situação proposta (análise de caso) se deve à ação dos fungos. No entanto, apenas alguns conseguirão dar uma solução adequada e eficiente, devido ao fato de ainda não terem cursado uma disciplina voltada para o estudo de materiais

Para que seja possível realizar a transposição didática pode-se utilizar situações-problemas como o que está descrito acima, de forma que se consiga contextualizar um problema real com os conceitos aprendidos em sala de aula e ainda realizar a interdisciplinaridade (ALMEIDA, 2011).

Para atingir tal proposta, elaborou-se uma situação do cotidiano de um Engenheiro, a fim de estimular no aluno um senso mais crítico diante do problema. Sendo este um exemplo prático, pode contribuir para um melhor entendimento, bem como maior fixação dos conceitos aplicados na atividade.

5. *Você acredita que um Engenheiro que não teve a disciplina de Microbiologia em sua formação seria capaz de resolver esse problema de forma contundente? Justifique.*

Hipótese: Irão dizer que um Engenheiro que não teve a disciplina de MB terá dificuldades de resolver o problema proposto com a madeira do telhado, de forma contundente.

Sendo a madeira um material muito utilizado em várias áreas da construção civil como já mencionadas neste trabalho, espera-se que ao final deste questionário os estudantes consigam perceber a interdisciplinaridade entre a Microbiologia e as Engenharias, principalmente Engenharia Civil, uma vez que acompanharam o processo de contaminação de fungos em corpos de prova de madeira.

Questionário 3

O último questionário proposto para essa intervenção tem como principal finalidade proporcionar a interação entre os estudantes de Engenharia Civil e do bacharelado em Ciência e Tecnologia e analisar a capacidade do aluno em absorver e fazer uso do que foi aprendido em Microbiologia. Esse questionário, também encontrado no Apêndice III, busca explorar os

resultados encontrados no ensaio de compressão em que as amostras de madeira foram submetidas no laboratório de Resistência dos materiais.

A seguir serão descritas as perguntas propostas, bem como as hipóteses a elas relacionadas.

1- *Você observou alguma variação na tensão de ruptura ao comparar os corpos de prova contaminados e não contaminados? Justifique*

Hipótese: Todos os estudantes irão observar que a resistência à ruptura do material contaminado é menor do que as amostras de madeira não contaminadas pelos fungos. Todos irão justificar que esse fato ocorreu devido a ação degradante dos microrganismos

2- *Os fungos são organismos que podem agir diretamente sobre as fibras da madeira. Sendo assim, explique como este processo ocorre, e como ele pode ser associado à variação de resistência do corpo de prova?*

Hipótese: A maioria dos alunos saberá explicar o processo de degradação da madeira, e atribuirão este fato à variação de resistência do corpo de prova

A questão 3 tem o intuito de induzir o estudante a perceber que o que está sendo visto em laboratório pode ser expandido para uma situação real da construção civil, além disso fazer com que eles entendam que os ensaios são justamente para simular a situação mais próxima do real, mas ainda se trata de uma aproximação.

3- *Você considera que as estruturas de madeira presentes na construção civil estão submetidas ao mesmo tipo de esforço aplicado no ensaio realizado com os corpos de prova? Em caso afirmativo cite exemplos, do contrário justifique sua resposta.*

Hipótese: A maioria dos estudantes irá perceber e citar exemplos de estruturas que também são submetidas ao esforço de compressão.

A questão a seguir leva o estudante a pensar de forma mais abrangente, uma vez que essa situação-problema surge a partir de uma visão ampla e interdisciplinar.

4- Para a concretagem de uma laje maciça, um Engenheiro precisa utilizar escoras que sustentem essa estrutura durante o seu tempo de cura. Visando a economia, optou-se pelo emprego de escoras de madeira, onde cada uma delas deverá resistir em média a 10kPa. O Engenheiro quer contratar a sua equipe para atender a esta demanda. Antes da entrega do material, você analisou a resistência à compressão em corpos de prova feitos do mesmo material solicitado. De posse dos resultados do ensaio, você poderá fornecer este material? Justifique sua resposta.

Hipótese: Alguns alunos irão analisar e comparar a tensão última do corpo de prova com a tensão solicitante. Com isso, responderão: sim, e irão justificar que a tensão última é superior à solicitante. E responderão não, caso contrário. Os demais apresentarão dúvidas em relação a interpretação da pergunta e dos valores obtidos em ensaio.

Por fim, entende-se que o presente trabalho alcançou o objetivo principal de contribuir, através da proposta de atividade didática, para a realização da interdisciplinaridade de MB e disciplinas da EC. Isso pode proporcionar uma aprendizagem do conteúdo de maneira eficaz por meio de um problema idealizado e mostrando aos estudantes a importância de uma formação mais ampla na busca pela resolução de problemas que poderão surgir no futuro.

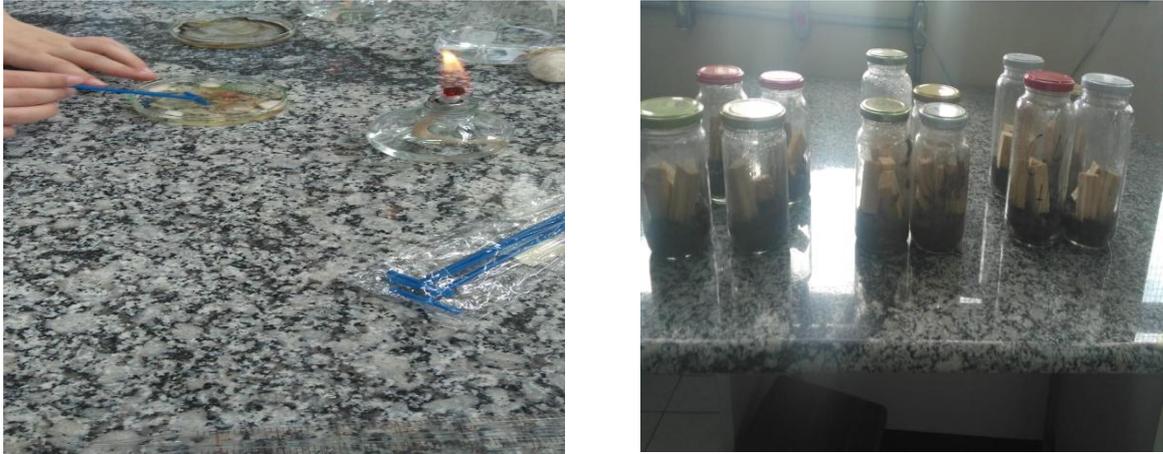
5.3 Resultado das atividades em laboratório

Para testar os procedimentos das atividades práticas, foram realizados todos os procedimentos propostos nos 4 dias de atividades no laboratório de Microbiologia do ICET/UFVJM. Explicaremos brevemente as etapas realizadas e analisaremos os resultados a seguir.

Inicialmente isolou-se os fungos encontrados em troncos de madeira próximos ao prédio do ICET da UFVJM, campus Mucuri. Foi preparado o meio de cultivo dos mesmos, armazenados e autoclavados. Após sete dias foi possível visualizar as colônias de fungos, além destes, ainda tinha a presença de algumas bactérias, daí a importância do professor estar acompanhando toda a prática, pois caso isso ocorra ele poderá ajudar o aluno a diferenciar bactérias de fungos e assim explorar um tanto mais do conteúdo estudado em sala de aula.

Na etapa seguinte foram coletados os fungos, para o preparo da solução fúngica a ser aplicada nos corpos de prova à esquerda da Figura 18 e armazenadas as amostras em potes de vidro à direita.

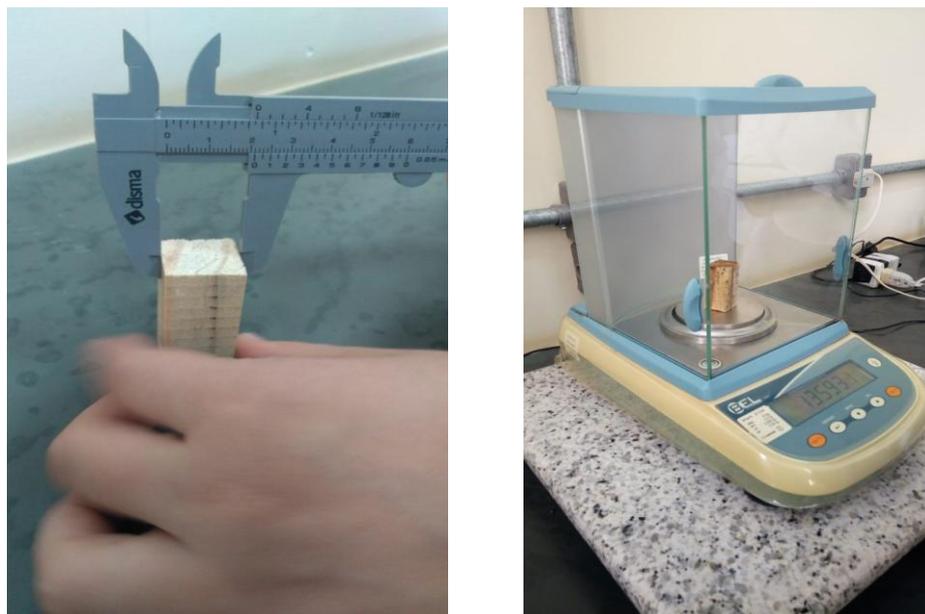
Figura 18 - Preparo da solução fúngica e armazenagem dos corpos de prova



Fonte: Arquivo pessoal

Todos os procedimentos citados em materiais e métodos foram seguidos e após 72 dias que os corpos de prova de madeira estavam em contato com o fungo foi possível observar que eles apresentavam em sua superfície sinais de contaminação por estes microrganismos. Para analisar se houve variação de massa, do volume e consequentemente da densidade, as amostras foram pesadas e medidas em três momentos distintos, ou seja, (1) antes do ataque, (2) após o ataque e antes da secagem e por fim (3) após a secagem. A Figura 19 apresenta o momento das medidas citadas.

Figura 19 - Aferição e registro das dimensões do corpo de prova

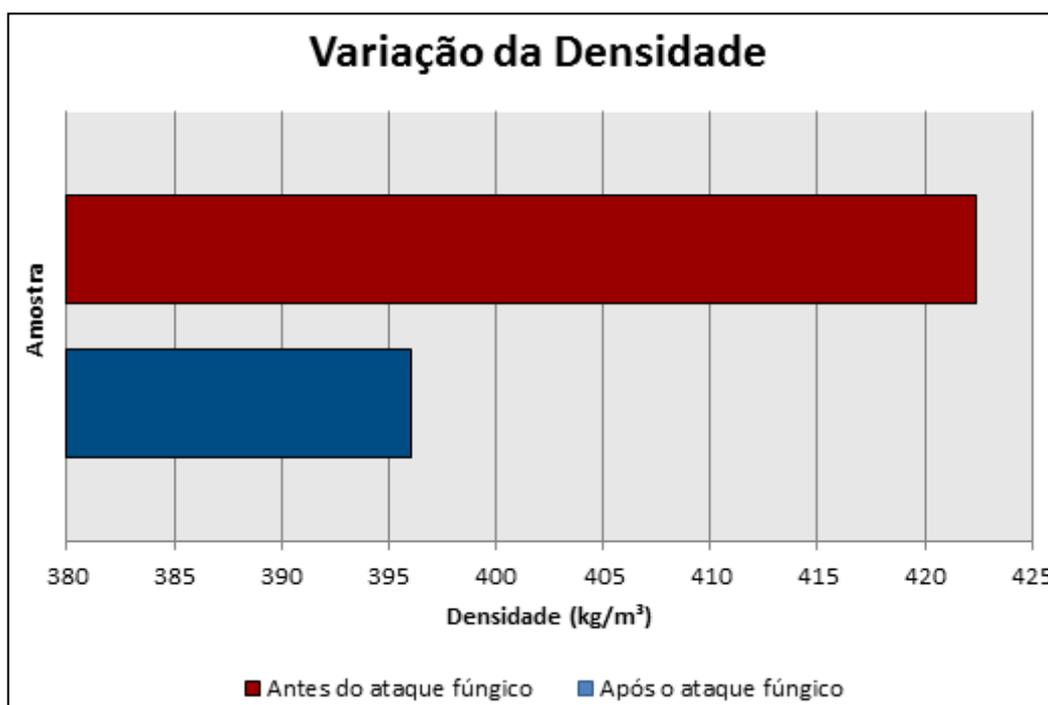


Fonte: Arquivo Pessoal

Com os dados referentes à massa e ao volume antes e depois do ataque fúngico nas amostras de madeira foi possível calcular a variação de densidade. De acordo com a literatura, as densidades da madeira Pinus podem variar conforme a família de Pinus, a idade da árvore, tamanho, umidade etc. Em Xavier (2009) encontramos que esses valores são, em média, de 412 kg/m³. Mesmo que não se identifique o tipo de Pinus utilizado no experimento aqui descrito para afirmar o valor mais aproximado da densidade do corpo de prova, interessa-nos o valor relativo, ou seja, a densidade antes e depois do ataque dos fungos, para uma mesma amostra.

Pela Figura 20 observa-se claramente que houve uma diminuição da densidade do corpo de prova após o ataque fúngico, esse gráfico representa a densidade de uma mesma amostra antes e após o ataque. A conclusão imediata é que a perda de massa ocorreu pela ação dos fungos, capazes de degradar a madeira, implicando no decréscimo de material por unidade de volume.

Figura 20- Gráfico com a variação de densidade



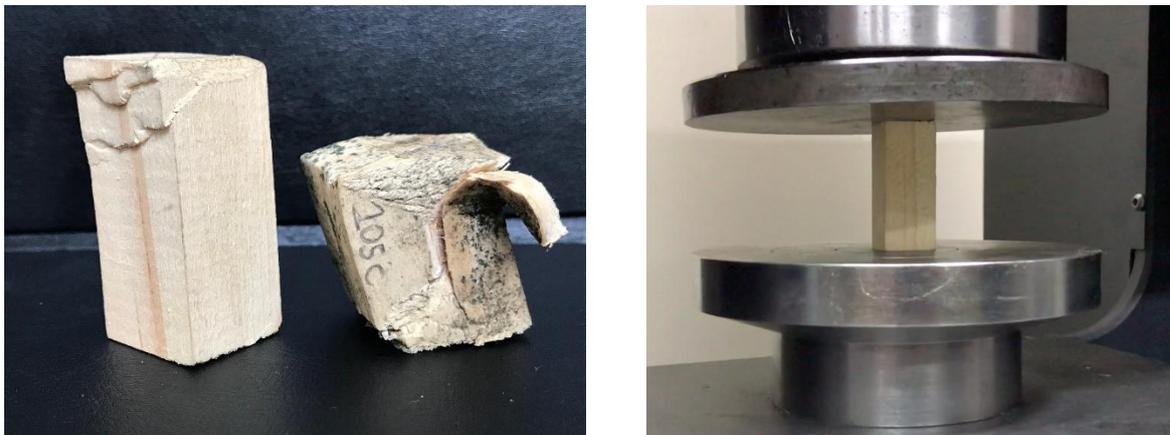
Fonte: Próprio Autor

Ao serem observadas as alterações nos corpos de prova, um dos participantes da atividade prática sugeriu que fossem analisadas as resistências das amostras, a fim de verificar a possível redução desta propriedade nos corpos de prova contaminados, em comparação com os não contaminados, o que foi feito em seguida.

Foram realizados ensaios de compressão paralela às fibras em ambas as amostras (contaminadas e não contaminadas). A máquina utilizada é a Máquina Universal Servo Mecânica, do laboratório do ICET campus Mucuri. Como inicialmente a proposta era apenas avaliar se a perda de massa em função da degradação da madeira causada pelos fungos poderia causar perda de resistência, não houve uma preocupação em utilizar corpos de prova com as características determinadas pela NBR 7190/1997.

Os resultados, tratados de forma qualitativa, indicam uma tendência das amostras ao cisalhamento durante o ensaio. Foi possível observar um menor desempenho à compressão dos corpos de prova contaminados em relação aqueles livres das ações de fungos, sendo ambas as amostras submetidas à mesma carga durante o ensaio. A Figura 21, à esquerda mostra o resultado final dos corpos de prova, onde, o corpo de prova à direita está contaminado por fungos e a imagem da esquerda sem a contaminação. À direita da Figura 21 tem-se o momento em que o corpo de prova estava sendo submetido ao ensaio de compressão em laboratório.

Figura 21 - Corpos de prova submetidos ao ensaio de compressão



Fonte: Arquivo Pessoal

O resultado das duas atividades, tanto a avaliação da diminuição na densidade quanto o comprometimento da resistência do material mostraram que as práticas podem, certamente, promover a interdisciplinaridade desejada.

Os alunos da disciplina de Microbiologia do curso de C&T da UFVJM campus Mucuri, durante a atividade experimental descrita acima, responderam os questionários 1 e 2 durante as aulas. A seguir serão discutidos alguns pontos principais observados pelos pesquisadores, em função das hipóteses propostas, baseadas na Engenharia Didática.

5.4 Análise dos questionários

Para testar as atividades didáticas, por meio de uma análise crítica acerca de sua aplicabilidade, alunos matriculados na disciplina de MB responderam as questões e preencheram os roteiros da prática. Das hipóteses propostas pelos pesquisadores, muitas foram confirmadas completamente, outras parcialmente e a sugestão de um aluno permitiu a criação de roteiro de nova prática experimental.

Sobre o Questionário 1

A primeira atividade didática consistiu na aplicação de um questionário no primeiro encontro com a turma em laboratório. Antes do início de qualquer outra atividade, questionou-se os alunos quanto a aplicabilidade da Microbiologia em outras disciplinas do curso, onde esperava-se que todos afirmassem perceber alguma aplicação, mas que apresentassem dificuldades para responder quais eram.

Ao analisar as respostas, verificou-se que todos os alunos responderam que percebem alguma aplicação, e alguns não tiveram dificuldades em dizer quais disciplinas os conceitos vistos em MB poderiam ser abordados. Desse modo, a hipótese inicial foi parcialmente validada.

Ainda neste momento, foi perguntado aos alunos se sabiam quais malefícios e benefícios os fungos poderiam causar em estrutura da construção civil. Esperava-se que estes afirmassem saber quais seriam estes benefícios e/ou malefícios, o que realmente foi constatado, uma vez que a maioria dos estudantes soube responder sucintamente citando alguns exemplos. Entretanto, observou-se ainda algumas respostas evasivas, e também aqueles que não souberam justificar a resposta. Sendo assim, a hipótese foi parcialmente validada.

A análise de todas as respostas dadas pelos alunos permitiu concluir que essas sequências eram boas para se avaliar os conhecimentos prévios acerca dos assuntos que seriam abordados na tarefa proposta daí em diante.

Sobre o Questionário 2

Com a aplicação da segunda atividade didática, após a realização do experimento no laboratório de biologia, percebeu-se que a maioria dos alunos compreendeu que a perda de

massa dos corpos de prova era devido à ação degradante dos fungos. Com isso a hipótese de que todos iriam conseguir identificar a causa da variação de massa foi validada.

A questão proposta na forma de uma situação-problema também teve sua hipótese validada, já que todos os alunos alegaram que o problema nas madeiras do telhado era devido à ação dos fungos. Alguns alunos ainda complementaram a resposta dizendo que o pó esverdeado se tratava dos esporos dos fungos.

Por fim, quase todos os alunos afirmaram que um Engenheiro que teve a disciplina de MB em sua formação seria capaz de resolver esse problema da proliferação dos fungos de forma contundente e mais rápida. Apenas dois alunos disseram que um Engenheiro não precisa desta disciplina para solucionar o problema, entretanto ao final um deles disse que a disciplina é importante para a formação desse profissional, havendo, portanto uma contradição tornando sua resposta inválida, sem sentido.

Com essa atividade foi possível concluir que a maior parte dos estudantes percebeu, com a atividade interdisciplinar, a importância da MB na formação do Engenheiro do futuro, inclusive com novas propostas que deram origem à atividade da análise de compressão e ao Questionário III, discutido abaixo.

Sobre o Questionário 3

Esta atividade didática foi desenvolvida a partir da análise das outras duas atividades e pela observação dos alunos, depois de encerrados os experimentos. Por essa razão não houve teste simulado neste caso. Entretanto, pelo caráter bastante positivo de todas as ocorrências anteriores, acredita-se que esta sequência deverá fechar as tarefas de caráter interdisciplinar na aprendizagem, especialmente por conjugar os conhecimentos dos estudantes de diferentes períodos do curso e matriculados em disciplinas diversas.

Com todas as análises discutidas, entende-se que o trabalho ora proposto, baseado na Engenharia Didática como metodologia de pesquisa, foi cumprido integralmente, deixando perspectivas para trabalhos futuros.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Os elementos investigados nessa pesquisa foram abrangentes, conectando o saber acerca dos temas específicos da Biologia, como no caso da identificação dos microrganismos, na coleta e na cultura dos fungos, e do efeito do ataque desses sujeitos à madeira utilizada na construção civil, como a perda de massa e o possível comprometimento na resistência do material.

Mostramos que, mesmo à revelia de alguns profissionais formados conforme o currículo tradicional, a formação mais ampla oferece ao futuro profissional melhores condições de solucionar problemas, de forma mais contundente e definitiva, provavelmente com menores custos.

O envolvimento dos alunos nas tarefas, bem como as indagações levantadas durante o experimento são fundamentais no processo de aprendizagem do conteúdo e na percepção da correlação existente entre o estudo dos microrganismos e a futura área de atuação.

Tratamos de um experimento que pode ser abordado em MB e explorado também em outras disciplinas específicas da EC. Entretanto, muitas outras propostas de caráter interdisciplinar podem ser aplicadas trazendo grandes benefícios para o processo de ensino-aprendizagem nas disciplinas do curso. Tais situações vêm sendo delineadas e implicam em propostas para futuros trabalhos.

Além da atividade prática experimental é importante que o docente explore os conceitos que pretende que os alunos apreendam, proponham sequências didáticas alinhadas com a realidade da turma e da Instituição, e, se possível, promova a interação entre turmas de duas ou mais disciplinas em que o assunto abordado seja de interesse desses docentes.

Por fim, conclui-se que a oferta de um curso mais generalista promove uma visão ampla acerca dos problemas que surgem nesse mundo moderno, tecnológico e repleto de novos materiais a cada dia. Mas sabe-se que não há como afirmar que o fato do estudante ter acesso a essas informações por meio de um currículo diferenciado o fará capaz de lidar com os problemas que virão, de forma contundente. Saber usar essas informações é algo totalmente pessoal e depende da vontade do profissional, inclusive no período em que ainda era um estudante.

A individualidade e o livre arbítrio, certamente, farão toda a diferença nesse sentido, tendo em vista que não existe metodologia de ensino que alcance aqueles alunos que não se interessam pelo curso, ou pelas disciplinas. Entretanto, as universidades com esse modelo de currículo devem continuar buscando fazer diferente e contribuir com a sociedade moderna e o meio no qual está inserida.

Em função de toda a discussão feita neste trabalho, pretende-se futuramente promover novos estudos e testes, visando:

- Aplicar as sequências didáticas para turmas de Microbiologia;
- Estudar o efeito da ação dos fungos nas fibras de madeira por meio do ensaio de compressão paralela às fibras;
- Buscar novas atividades que promovam a interdisciplinaridade entre as unidades curriculares no curso de Ciência e Tecnologia e Engenharia Civil da UFVJM;
- Estudar outros materiais que sejam utilizados na Engenharia Civil e que sofram efeitos de outros microrganismos, podendo se transformar em atividade interdisciplinar na Microbiologia e disciplinas da Civil.

Com isso, espera-se ter cumprido o objetivo principal de promover a interdisciplinaridade proposta, contribuindo com o ensino e a aprendizagem dos acadêmicos de Engenharia Civil desta e de outras Instituições de Ensino Superior.

REFERÊNCIAS

ABREU, A.; LUCAS, J. F. R.; SILVA, K.; SANTOS, L. C.; MORA, N. D. **Ataque microbiológico em argamassas reparadoras de estruturas de concreto**. 2007. II Congresso da Academia Trinacional de Ciências. Foz do Iguaçu.

ALMEIDA, G. P. **Transposição Didática: Por onde começar?** 2011. Cortez Editora

ARCHIEXPO. **THE ONLINE ARCHITECTURE AND DESIGN EXHIBITION**. Disponível em: <<http://www.archiexpo.com/prod/glimakra/product-142798-1662566.html>>. Acesso: 17 de Dezembro, 2018.

ARTIGUE, M. **Ingénierie didactique**. In: BRUN, J. *Didactiques des Mathématiques*, Paris: Delachaux et Niestlé, 1996.

BARCELLOS, C. H.; CARVALHO, A. R. P. **Tratamento biológico de Efluentes**. Disponível em: <http://www.kurita.com.br/adm/download/Tratamento_Biologico_de_Efluentes.pdf>. Acesso em: 20 dezembro de 2018.

BRANCO, J. M.; LOURENÇO, P. B. **COBERTURAS TRADICIONAIS DE MADEIRA. CARACTERIZAÇÃO, INSPEÇÃO E CLASSIFICAÇÃO**. Anuário do Património 2014, pp.192-199.

CHEVALLARD, Y. **La Transposition Didactique: Du Savoir Savant au Savoir Ensigné.** Grenoble, La pensée Sauvage, 1991.

CLAUDINO, C. M. A.; GOMES, B. M. C.; NEVES, Y. T.; NASCIMENTO, M. V. **PRESENÇA DE BACTÉRIAS NO CONCRETO: UMA ANÁLISE DA BIODETERIORAÇÃO E BIOREGENERAÇÃO.** 2017. *Conferência Nacional de Patologias e Recuperação de Estruturas.*

DNIT. **Condições das Rodovias.** 2018. Disponível em: <<http://servicos.dnit.gov.br/condicoes/condicoesdrf.asp?BR=367&Estado=Minas+Gerais&DRF=6>> Acessado em: 28 dezembro 2018.

DNIT. **RELATÓRIO DE VISTORIA PONTE SOBRE O RIO ITAMBACURI I. Rodovia: BR - 116/MG.** Minas Gerais. Outubro, 2010.

ESCOLA ENGENHARIA. **Wood Frame: o que é, características, vantagens e desvantagens.** Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/wood-frame/>>. Acesso em: 18 de Dezembro, 2018.

USP. **Projeto Político Pedagógico - Estrutura Curricular, Habilitação em Engenharia Civil.** Universidade de São Paulo SP, 2013. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4215367/mod_resource/content/1/PPP%20Eng%20Civil%20EC3%202014%20Vers%E2%88%86o%20Entregue.pdf>. Acessado em 26 de abril de 2018.

GELLI, D. S.; JAKABI, M.; SOUZA, A. **Botulism: a laboratory investigation on biological and food samples from cases and outbreaks in Brazil.** Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo, v. 44, n. 6, p. 321-324, 2002.

GUIMARÃES, R. S.; BARLETTE, V. E.; GUADAGNINI, P. H. **A engenharia didática da construção e validação de sequências de ensino: um panorama com foco no ensino de ciências.** *Revista Polyphonia*, v. 26/1, jan./ jun. 211-226. 2015.

JARDIM, A. C. P.; SANTOS, C. F.; MOREIRA, M. F. C.; SANTOS, S. P.; GOMES, T. M. R. **Atividades práticas no ensino de microbiologia: uma proposta para as engenharias.** 2018. 30f. Trabalho de Conclusão de Curso. *Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.* Teófilo Otoni.

JARDIM, D. F.; SILVA, J. M.; PEREIRA, M. M.; JÚNIOR, E. A. S.; PINHEIRO, T. R.; NEPOMUCENA, T. V. **Estudando limites com o GeoGebra.** Vozes dos Vales. N.8, 2015.

KIAU NOTÍCIAS. BR 367 - E ESTA NOVELA TERÁ MUITO MAIS CAPÍTULOS. Disponível em: <<http://www.kiaunoticias.com/br-367/br-367-e-esta-novela-tera-muitos-mais-capitulos>>. Acesso em: 22 de Dezembro, 2018.

MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; BENDER, K. S.; BUCKLEY, D. H.; STAHL, D. A. **Microbiologia de Brock - 14ª Ed.** 2016. Porto Alegre: Artmed.

MADY, F.T.M. **A condutividade térmica da madeira.** Revista da Madeira. Ano 19 – nº112 – p.52-54 - Abril 2008.

MATTHEWS, R. A.; BUIKEMA, A. L. & CAIRNS Jr., J., 1982. **Biological monitoring part II: Receiving system functional methods relationships, and indices.** Water Research, 16:129-139.

MILANI, C. J.; KRIPKA, M. **A IDENTIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS EM PONTES DE MADEIRA: DIAGNÓSTICO REALIZADO NO SISTEMA VIÁRIO DO MUNICÍPIO DE PATO BRANCO – PARANÁ.** 2012. REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 4, n.1.

MINÁ, A. J. S., DIAS, A. A. **Estacas de madeira para fundações de pontes de madeira.** *Cadernos de Engenharia de Estruturas*, v. 10, p. 129-155, 2008.

MIOTTO, J. L. **Evolução das Esquadrias de Madeira no Brasil.** 2002. UNOPAR Científica, v. 1, n. 1.

MOLINA, J. C.; JÚNIOR, C. C. **Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira.** *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, Londrina, v. 31, n. 2, p. 143-156, jul./dez. 2010.

NBR 7190:1997. Projeto **de estruturas de madeira.** Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Rio de Janeiro. Agosto, 1997.

NUNES, H. P. ESTUDO DA APLICAÇÃO DO DRYWALL EM EDIFICAÇÃO VERTICAL. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Trabalho de conclusão de curso. Campos Mourão, 2015.

POLAQUINI, L. E.; SCHOCKEN-ITURRINO, R. P.; SORBARA, J. O.; ÁVILA, F.; CARNEIRO, M.; SAMPAIO, A. A. **Estudo da toxina botulínica e esporos de Clostridium**

botulinum em amostras de camas-de-frango coletadas em aviários. REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, v. 34, p. 449-450, 1997

RODRIGUES, J. V. ESQUADRIAS USADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA – CARACTERÍSTICAS E EXECUÇÃO. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Maria Centro de Tecnologia Curso de Engenharia Civil. Santa Maria, RS, 2015.

SANTOS, C. V. F. Método de Ensaio Para a Determinação da Resistência ao Cisalhamento em Elementos Estruturais de Madeira de *Pinus spp.* 2016. 82p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia dos Materiais) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

SOUZA, L. G.; Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e Wood Frame. Especialize - Revista online. Florianópolis, SC, 26 de Abril de 2013.

SMITH, V. H.; SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here? Trends in Ecology and Evolution 24: 201-207. 2009.

UFMG. Estrutura Curricular do Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal de Minas Gerais MG, 2010. Disponível em: <<https://www2.ufmg.br/civil/civil/Home/Grade-Curricular/VERSAO-2010-1>>. Acesso em 26 de abril de 2018.

UFOPA. Projeto Pedagógico do Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia. Universidade Federal do Oeste do Pará. Santarém, PA. 2014. Disponível em: <http://www2.ufopa.edu.br/ufopa/arquivo/proen-cursosportariasppcs/PPC_PROJETOPEDAGGIODOCURSODEBACHARELADOINTERDISCIPLINAREMCINCIAETECNOLOGIA.pdf>. Acessado em 26 de abril de 2018.

UFV. Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 2013. Disponível em: <<http://www.civ.ufv.br/wp-content/uploads/2014/05/Projeto-pedagogico-do-curso-2013.pdf>>. Acessado em 26 de abril de 2018.

UFVJM. Projeto Pedagógico de Curso - Bacharelado em Ciência e Tecnologia. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Campus do Mucuri. Teófilo Otoni, 2012. Disponível em: <<http://www.ufvjm.edu.br/prograd/projetos-pedagogicos.html>>. Acessado em 26 de abril de 2018.

UNIPAMPA. Projeto Pedagógico do Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia-Integral. Universidade Federal do Pampa. Itaqui, RS. 2012. Disponível em:

<http://dspace.unipampa.edu.br:8080/jspui/bitstream/riu/116/1/PPC_Bacharelado%20Interdis%20CT_Integral_Itaqui.pdf>. Acessado em 26 de abril de 2018.

TONINI, R. M. C. W.; REZENDE, C. E.; GRAVITOL, A, D. DEGRADAÇÃO E BIORREMEDIAÇÃO DE COMPOSTOS DO PETRÓLEO POR BACTÉRIAS: REVISÃO. *Oecologia Australis* 14 (4): 1025-1035. Dezembro, 2010.

TORTORA, G. J.; CASE, C. L.; FUNKE, B. R. **Microbiologia-12ª Edição**. Artmed Editora, 2016.

XAVIER, J. A. **VARIABILIDADE DA MASSA ESPECÍFICA BÁSICA DE *Pinus taeda* L. EM DIFERENTES IDADES DE PLANTIO**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. Maio, 2009.

ZENID, J. G. **Madeira na construção civil**. *Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S. A.*, São Paulo. 2011.

APÊNDICES**Apêndice I****Questionário 1**

1. Você consegue perceber a aplicabilidade da Microbiologia em outras disciplinas dos cursos de Engenharia? Se sim, cite-as.

2. Você sabe quais os malefícios que os fungos podem causar em estruturas da construção civil?

Sim

Não

Em caso afirmativo justifique.

Apêndice II

Questionário 2

1. Preencha as tabelas abaixo:

Tabela 1 – Dados Coletados

Amostra	Massa I	Massa II	Massa III	Volume I	Volume II	Volume III
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Tabela 2 – Cálculo da Variação

Amostra	Massa I e Massa II	Massa I e Massa III	Massa II e Massa III	Volume I e Volume II	Volume I e Volume III	Volume II e Volume III
1						
2						
3						
4						
5						
6						

2. Observe a tabela 2 que se refere à variação de massa. Para cada caso, analise se houve a diminuição, aumento ou nenhuma alteração significativa da massa. Faça o mesmo para o volume.
3. Caso você tenha observado alteração significativa da massa e/ou dimensões, a qual fator biológico você atribui tal variação? Justifique.
4. Um senhor precisando reformar um telhado, buscou no fundo do seu quintal pedaços de madeiras de pinus que estavam ali armazenadas. Notou-se que a madeira continha pontos esverdeados com aspecto pulverulento, o senhor limpou a superfície dessa madeira com um pano umedecido e a utilizou na reforma do telhado. Após 6 meses, ele observou que toda a madeira do telhado estava semelhante a madeira coletada no seu quintal, além do chão da sua casa estar com um pó fino esverdeado. O senhor solicitou a ajuda de um Engenheiro que ao fazer a análise da madeira deu o seu diagnóstico. Você no lugar desse Engenheiro daria qual diagnóstico? O que ocasionou esse problema no telhado e qual a possível solução para reverter essa situação?
5. Você acredita que um Engenheiro que não teve a disciplina de Microbiologia em sua formação seria capaz de resolver esse problema de forma contundente? Justifique.

Apêndice III**Questionário 3**

1. Você observou alguma variação na tensão de ruptura ao comparar os corpos de prova contaminados e não contaminados? Justifique.

2. Os fungos são organismos que podem agir diretamente sobre as fibras da madeira. Sendo assim, explique como este processo ocorre, e como ele pode ser associado à variação de resistência do corpo de prova?
.

3. Você considera que as estruturas de madeira presentes na construção civil estão submetidas ao mesmo tipo de esforço aplicado no ensaio realizado com os corpos de prova? Em caso afirmativo cite exemplos, do contrário justifique sua resposta.

4. Para a concretagem de uma laje maciça, um Engenheiro precisa utilizar escoras que sustentem essa estrutura durante o seu tempo de cura. Visando a economia, optou-se pelo emprego de escoras de madeira, onde cada uma delas deverá resistir em média a 10kPa. O Engenheiro quer contratar a sua equipe para atender a esta demanda. Antes da entrega do material, você analisou a resistência à compressão em corpos de prova feitos do mesmo material solicitado. De posse dos resultados do ensaio, você poderá fornecer este material? Justifique sua resposta.

AUTORIZAÇÃO

Autorizo a reprodução e/ou divulgação total ou parcial do presente trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, desde que citada a fonte.

Thais Mayara Rodrigues Gomes

Thais Mayara Rodrigues Gomes
tmthaismayara96@gmail.com

Thais Rodrigues Pinheiro

Thais Rodrigues Pinheiro
thaisrpinheiro@hotmail.com

Thâmara Vieira Nepomucena

Thâmara Vieira Nepomucena
thamaranepo@gmail.com