

# PROPOSTA DE ENSINO DE CLIMATIZAÇÃO E VENTILAÇÃO PARA O CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

PROPOSAL FOR TEACHING CLIMATIZATION AND VENTILATION IN UNDERGRADUATE  
MECHANICAL ENGINEERING COURSE OF JUIZ DE FORA FEDERAL UNIVERSITY

Manoel Policiano Tertolino da Silva<sup>1</sup>, Yipsy Roque Benito<sup>2</sup>,  
Carlos Renato Pagotto<sup>3</sup>

DOI: 10.37702/REE2236-0158.v41p477-489.2022

## RESUMO

O mundo que conhecemos e nosso processo de ensino e aprendizagem estão em constante transformação. Percebe-se que o tipo de educação formal realizada na década anterior se tornou ultrapassado no sentido de não colaborar de forma plena para as expectativas de nosso mundo moderno e tecnologias disponíveis. Essa realidade é refletida não só no ensino básico como também no ensino superior. Por conta disso, apresenta-se uma proposta de material didático relacionado à área de conhecimento da climatização e ventilação mecânica aplicada à engenharia com o intuito de contribuir para a criação de uma disciplina eletiva para os alunos do curso de Engenharia Mecânica, a fim de possibilitar sua inserção no mercado de trabalho a partir do oferecimento do que existe de conteúdo técnico atual, selecionado de forma assertiva e aplicável a essa área de estudo técnico. No atual momento, devido a questões de saúde pública provocadas por doenças transmitidas pelo ar, o conhecimento sobre as instalações de climatização e ventilação mecânica, no quesito projeto, execução e manutenção, tornam-se cruciais para a segurança contra a contaminação por infecções respiratórias ao ser humano.

**Palavras-chave:** processo de ensino e aprendizagem; sistemas de ventilação mecânica; saúde pública.

## ABSTRACT

The world we know and our teaching and learning process is constantly changing, it is clear that the type of formal education carried out in the previous decade has become outdated in the sense of not fully collaborating with the expectations of the modern world and available technologies. This reality is reflected not only in basic education but also in higher education. Because of this, we present a proposal for teaching material related to the area of knowledge of air conditioning and mechanics applied to engineering in order to contribute to the creation of an elective course for students of the mechanical engineering course, in order to enable their insertion in the labor market with current technical content, assertively selected and applicable to this area of technical study. At the present time, due to public health issues caused by airborne diseases, knowledge about HVAC and mechanical installations, no project, execution and maintenance, become crucial for safety against contamination by respiratory diseases when being human.

**Keywords:** teaching and learning process; mechanical ventilation system; public health.

<sup>1</sup> MBA Gestão de Projetos, USP-ESALQ; manael.policiano@engenharia.ufjf.br

<sup>2</sup> Professor Dr. em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Juiz de Fora; crpagotto@engenharia.ufjf.br

<sup>3</sup> Professora Dra. em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Juiz de Fora; yipsy.benito@engenharia.ufjf.br

## INTRODUÇÃO

O processo de ensino e aprendizagem ao longo do tempo vem sendo dividido em duas grandes vertentes opostas, porém complementares, buscando responder a questões do tipo: como o ser humano aprende? Como criar as melhores condições possíveis para que o aprendizado ocorra?

Nesse contexto, refletir sobre as teorias pedagógicas e a criação de um método sistemático para ensinar se tornam cruciais no ensino de conteúdo. Assim, é preciso levar em consideração não só os diferentes modos de ensino e de aprendizagem, como também o contexto e os sujeitos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem (DALBOSCO, 2012). Ao avaliar as questões acima é importante realizar uma autorreflexão do tipo: quem são os sujeitos do processo de ensino e aprendizagem? Além disso, uma vez que se pressupõe que há interação recíproca entre eles, avaliar e prospectar interesses comuns para o conteúdo que se iniciará criando um elo entre escolarização e conhecimento (DALBOSCO, 2012). É importante a compreensão desses elos, pois não se aprende em intervalos de tempos divididos conforme o interesse da instituição de ensino e em aulas deslocadas do mundo em que vivem os alunos (GATTO, 2019). Em relação às teorias pedagógicas de ensino, em um primeiro momento, destaca-se a teoria do Inatista, debatida pelo filósofo Platão e outros, em que o ser humano já traz consigo a capacidade de aprender, o conhecimento é intrínseco à sua natureza (DÍAZ, 2011). Nesse caso, compete ao professor, dirigindo-se ao aluno, fazê-lo lembrar ou recordar do conteúdo que reside no seu interior e que nasceu com ele (DALBOSCO, 2012).

Destaca-se que o termo “professor” vai além de títulos acadêmicos, em especial, pode-se definir este como: “aquele que ensina uma arte, uma atividade, uma ciência, uma língua, etc.; aquele que transmite conhecimentos ou ensinamentos a outrem” (PRIBERAM, 2021).

Já a outra vertente das teorias pedagógicas destaca que o conhecimento e a aprendizagem são baseados em um processo de construtivismo, sendo este vinculado às

hipóteses de Piaget e Vygotsky, sendo essas as linhas de estudos mais aceitas na atualidade, em que o processo se dá pela acumulação, construção e acomodação do conhecimento (DÍAZ, 2011).

Essas teorias de ensino são alguns dos pilares que possibilitaram o surgimento de diversas outras teorias relacionadas. Assim, a sua compreensão em relação a como ocorre o aprendizado é tema constantemente debatidos nos cursos de licenciatura. Porém, pouco ou quase inexistente nos cursos de bacharelado em engenharia, principalmente do ciclo profissional acadêmico, pois na maioria dos casos existe uma preocupação muito maior com a técnica e tecnologia dos conteúdos científicos do que com o processo de ensino e aprendizagem do educando.

As questões anteriores buscam contribuir para reforçar a transdisciplinaridade debatida pelo Parecer CNE/CES °1/2019, em que se propõe uma nova forma de pensar a matriz curricular dos cursos de Engenharia, para contribuir não só com a parte acadêmica teórica do ensino como também com a parte da profissionalização e preparo do profissional para lidar com as demandas da indústria, mercado consumidor, gestão de pessoas, novas tecnologias, inovação, recursos, meio ambiente entre outros.

Assim, ao realizar esse trabalho, busca-se, além de expor o aluno a um ambiente formal de aprendizagem, fazer com que este aprimore seu pensamento criativo, científico, autocrítico e de autorreflexão, contribuindo para uma educação que faça sentido e que o motive a aprender constantemente, visto que muitos materiais didáticos e práticas de ensino formal estão desatualizadas e não acompanharam a evolução e o desenvolvimento tecnológico criado nas últimas décadas. Além disso, o presente trabalho busca apresentar uma alternativa de campo de atuação para que os futuros profissionais possam empreender após a graduação, sem necessidade de cursos de aperfeiçoamento e especialização, contribuindo para o desenvolvimento da economia local e contratação de pessoas, independente de uma oportunidade de emprego formal proposta por terceiros.

O rápido acesso à informação, mutabilidade e mobilidade vem caracterizando as empresas em que a maior preocupação é tirar proveito do conhecimento, considerando que se tornou um grande agregador de valor aos processos, produtos e serviços.

As Instituições de Ensino Superior (IES) precisam contribuir na formação da população, objetivando a criação de cidadãos críticos e reflexivos “dotados” de flexibilidade, competências e capacidade de autoatualização, conscientes de suas responsabilidades cívicas tanto a nível individual quanto coletivo, culminando no desenvolvimento de sistemas educativos empreendedores (FERREIRA JÚNIOR, 2020).

Segundo Freitas et al., (2021), a avaliação da aprendizagem na educação superior tem sido objeto de pesquisa educacional, principalmente nas últimas décadas, considerando a contribuição dessa dimensão da prática pedagógica para promover a democratização de formação profissional nesse nível de ensino

O ensino brasileiro nos cursos de Engenharia apresenta grandes desafios para se adequar à realidade do educando e às demandas do mercado de trabalho. Essa constatação é amplamente reforçada pelo Ministério da Educação junto ao Conselho Nacional de Educação/Câmara de Educação Superior (CNE/CES), em 2019, pelo Parecer CNE/CES 01/2019. Tal dado também já foi identificado no ano de 2013 em pesquisa do IPEA, em que a perspectiva projetada pelos órgãos de ensino e instituições que regulamentam a profissão estimava uma carência de profissionais bem qualificados para os próximos anos, visto que a quantidade de instituições criadas ao longo dos anos não veio acompanhada de qualidade do ensino.

Além disso, muitos dos conteúdos lecionados não contribuem para o trabalho do cotidiano profissional, pois estão mais relacionados à parte acadêmica de continuação dos estudos em cursos de pós-graduação do que aplicação de fato “no chão de fábrica”. Esse fato foi identificado pela Resolução CNE/CES 011/2002, porém pouco ou quase nada houve de mudanças ao longo desses anos, seja pela necessidade de ineficiência do Sistema

Educacional de Ensino, conforme argumenta GATTO (2019), ou pela falta de dados que possibilite avaliar essas transformações durante duas décadas.

Ainda segundo o autor, a educação de qualidade pressupõe aprender sobre algo em profundidade. Neste trabalho, ao realizar o estudo sobre o tema de climatização e ventilação mecânica, busca-se relacionar o conteúdo com as competências profissionais sugeridas pelo Parecer CNE/CES 01/2019, de modo integrado com outras disciplinas.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A ventilação mecânica pode ser amplamente simplificada como sendo o processo de deslocamento de ar por meios mecânicos, ou seja, com a utilização de motores. Nesse caso, podemos dizer que existem dois processos distintos: o primeiro consiste na retirada de ar de um ambiente interno para o externo, convencionalmente chamado de exaustão, e o segundo no fornecimento de ar de um ambiente externo para outro interno, o insuflamento (MACINTYRE, 1990). Assim, o objetivo de realizar os processos anteriores está relacionado a atender o grau de pureza, velocidade de escoamento de massa de ar “vazão” compatível com as necessidades fisiológicas do ser humano e em algumas situações com os processos produtivos, controle de temperatura e controle de umidade (climatização), poluentes, gases nocivos ao ser humano entre outros (MACINTYRE, 1990).

Destaca-se que a aplicação da ventilação mecânica pode ser utilizada também para a preservação do meio ambiente, pois existem legislações ambientais que restringem a qualidade e grau de pureza do ar a ser lançado na atmosfera, pois caso o ar esteja fora dos padrões de qualidades mínimo aceitável, este poderá provocar doenças ao ser humano e animais. Nesse caso, é de responsabilidade da engenharia buscar soluções viáveis para minimizar esses impactos (MACINTYRE, 1990). A ventilação mecânica quando aplicada para o controle de temperatura é denominada “refrigeração”, quando se trata de sistemas de

ar condicionado, ou “refrigeração industrial”, quando aplicada em indústrias para o processamento e conservação dos alimentos, remoção de calor de substâncias químicas, entre outros. Uma aplicação importante do ar condicionado ocorre em hospitais e edificações com fins semelhantes, que exigem condições especiais de conforto e qualidade de ar.

Neste contexto, o Brasil, por meio da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), é regido pela norma ABNT NBR 7256:2021 – Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) – Requisitos para projeto e execução das instalações. Essa norma apresenta algumas diretrizes importantes para o dimensionamento de sistemas de climatização (ar condicionado) e ventilação em unidades de saúde, de média a alta complexidade, visando à segurança contra a contaminação por meio do ar.

Em relação ao conceito de gradiente ou diferencial de pressão, abordados na ABNT NBR 7256:2021, convencionou-se que em salas de pressão positiva é preciso injetar-se ar limpo com pressão controlada por meio de dispositivos de controle próprios. Nesse caso, no momento de abertura da porta do ambiente pressurizado, o fluxo de ar sairá de dentro para fora do ambiente, não permitindo a entrada de ar “contaminado” por ambiente externo ou pessoa (BRASIL, 2013). Destaca-se que a respectiva contaminação que desejamos mencionar diz respeito a um ar fora dos padrões de qualidade de ar estabelecido para aquele ambiente, dado o tipo de operação realizada dentro da sala. Já no caso de salas com gradiente de pressão de ar negativa, essa diz respeito à retirada de ar por meio do processo de exaustão de forma que o ar externo entre, e não saia do respectivo ambiente, contendo o ar “contaminado” dentro da sala (BRASIL, 2013).

É importante a compreensão das nomenclaturas anteriores, pois dependendo do processo produtivo ou manipulação de substâncias, a inalação de partículas finas em suspensão no ar, contendo vírus ou outras substâncias, pode ser prejudicial à saúde, uma vez que estes são potenciais transmissores de muitas infecções respiratórias (MARTINS, 2010).

Em relação à montagem dos sistemas de tratamento de ar em casa de máquinas para atender aos ambientes, estes possuem normalmente uma sequência de instalação de filtros. Assim, os filtros de menor eficiência, denominados de “pré-filtros”, são instalados com antecedência aos filtros com a maior eficiência denominados “filtros finais”. Nesse caso, a função dos “pré-filtros” é justamente proteger os “filtros finais”, que são de maior eficiência e têm custo elevado, contra sua rápida saturação, o que levaria a manutenções constantes, elevando o custo de manter o sistema de climatização e ventilação mecânica (BRASIL, 2013).

Destaca-se que em algumas situações, além de ser necessário o uso de filtros em sistemas de condicionamento de ar, faz-se também necessária a utilização de equipamento de proteção facial filtrante (PFF), máscaras de uso individual, conforme apresenta a ABNT 13698:2011. Assim, é preciso se avaliar – com equipe multidisciplinar de farmacêutico, médico ocupacional, entre outros – a necessidade e o grau de eficiência, a fim de preservar a segurança do funcionário e transeuntes pelo ambiente da edificação.

A questão da qualidade do ar nos ambientes vai além da questão de utilização de filtros nos sistemas de climatização e ventilação mecânica. Assim, é necessário pensar em algumas situações de processos de produção tratando os ambientes como “áreas classificadas”. Essa denominação “áreas classificadas” está relacionada à concentração total de partículas em suspensão e/ou a contaminação microbiana dentro do espaço; a isto chama-se “classificação do espaço” (MARTINS, 2010).

Destaca-se também, de acordo com Brasil (2013), que a concentração de partículas no ar é um dos elementos mais importantes no controle de risco à qualidade de produtos farmacêuticos que são manipulados tanto em fábricas, quanto em farmácias de manipulação, clínicas médicas e hospitais. Nesse caso, esses parâmetros se tornam ainda mais significativos em áreas limpas utilizadas para produção e/ou manipulação de medicamentos de alto valor agregado. Tratando-se ainda sobre as áreas

classificadas, é importante ter em mente que é necessária uma avaliação de risco para evitar contaminação cruzada quando existir o compartilhamento de sistemas de climatização e ventilação mecânica para um mesmo empreendimento (BRASIL, 2013). É importante destacar também, segundo Matos (2021), que além de questões relacionados à qualidade do ar e custos de execução do sistema, é necessário se preocupar com o uso de energia de forma consciente, seja esse uso relacionado à utilização de combustíveis não renováveis, como sistema de termoelétrica, ou de sistemas mais convencionais relacionados à energia hidráulica transformada em energia elétrica.

Em relação às condições de conforto humano, o que se percebe ao longo do estudo é que não existe um único parâmetro de conforto térmico definitivo para ser adotado, porém a ABNT NBR 6401:1980 estabelece algumas considerações a serem respeitadas, em especial: “que as diferenças de temperatura de bulbo seco simultâneas entre dois pontos quaisquer de um recinto e tomadas à altura de 1,5 m do piso (nível de respiração) não devem ser superiores a 2°C; As velocidades do ar nesse mesmo nível 1,50m do piso devem estar compreendidas entre 0,025 a 0,25 m/s; Manter pressão positiva no ambiente, através de uma admissão de ar externo maior que os efeitos de infiltração, visando a higienização do ar.” (ABNT, 2019).

São apresentados a seguir, para finalizar este item, alguns conceitos gerais de terminologias importantes para os profissionais da área de climatização e ventilação mecânica, bem como unidades de medidas aplicadas no Brasil para dimensionamento dos sistemas, a fim de ajudar na melhor compreensão das normas e assuntos apresentados no próximo item relacionado às legislações vigentes no Brasil.

- a) Conceitos de Temperatura: a temperatura é a medida de quente ou frio em uma determinada escala. Todas as substâncias possuem temperatura (MILLER, 2008).
- b) Conceitos de Pressão: é a força que atua sobre uma área, sendo adotada na área de climatização e ventilação a unidade

métrica de pressão denominada Pascal (Pa). Em nosso segmento de atuação trabalhamos com a pressão absoluta que é medida pelo manômetro acrescida da pressão atmosférica (MILLER, 2008).

- c) Conceitos de Umidade: é caracterizado como a taxa de porcentagem de vapor de água no ar atmosférico. O controle da umidade é importante para minimizar corrosões, prever a condensação sobre áreas de trabalho, eliminar a eletricidade estática que pode ser resolvida em algumas situações com piso antiestático, aplicado em ambientes hospitalares e conforto humano (MARTINS, 2010).
- d) Conceitos de Densidade: é definida como a massa de uma substância dividida por sua unidade de volume. Usualmente, a densidade de uma substância depende da temperatura e da pressão.
- e) Conceitos de ar atmosférico: o ar atmosférico pode ser considerado uma mistura de ar seco, vapor d’água e impurezas (MACINTYRE, 1990).
- f) Conceito de Fluido Refrigerante: é qualquer gás que possa ser alternadamente liquefeito e vaporizado dentro de um equipamento mecânico, sendo assim uma substância que absorve calor latente quando ela passa de líquido para gás (vapor). Isso ocorre em temperaturas e pressão baixas. Um fluido refrigerante libera calor latente quando ele condensa de gás (vapor) para líquido em temperatura e pressão altas. Em resumo, o fluido refrigerante promove a refrigeração, absorvendo calor de um lugar e descarregando-o em outra área. (MILLER, 2008).
- g) Conceitos de filtro: são meios porosos capazes de deter e coletar partículas e névoas contidas no ar que os atravessa. Em geral, os filtros para ventilação são constituídos por material fibroso disposto sob a forma de tecido ou compactado, formando plantas ou painéis (MACINTYRE, 1990).

- h) Conceitos de taxa de renovação de ar: de forma matemática, é caracterizada como o volume de ar por hora dividido pelo volume da sala; ou, também, em algumas situações denominada como “taxa de ventilação” ou “número de movimentações de ar por hora”, devendo ser compreendido como o número de vezes por hora que o volume de ar da sala é substituído, ou seja, está relacionado com a capacidade da sala se recuperar de uma contaminação, não se relacionando em nenhum momento com a classificação da sala (MARTINS, 2010).
- i) Conceitos de renovações de ar por hora: de forma matemática é caracterizada como o volume de ar exterior introduzido na sala por hora dividido pelo volume da sala (ABNT 7256, 2021).
- j) Conceitos de perda de carga por atrito: as perdas de carga “pressão” por atrito são causadas pelo contato do ar com as superfícies do duto e pela turbulência do escoamento do ar, resultantes das mudanças de velocidade e de direção no fluxo de ar (MACINTYRE, 1990).
- k) Conceitos de perda de carga nos acessórios: “Sempre que um escoamento muda de direção, passa através de expansões ou contrações de seção, ou seja, sempre que houver descolamento da camada limite, ocorrerão perdas de energia e, conseqüentemente, diminuição nas colunas de pressão do escoamento, produzindo assim as chamadas perdas de cargas nos acessórios” (CLEZAR, 2009).
- l) Conceitos de carga térmica total: essa corresponde à soma das cargas térmicas parciais devido ao: calor liberado por pessoa, calor devido à penetração do exterior para o recinto, carga térmica devido à insolação, carga térmica devido à energia dissipada pelos aparelhos de iluminação, carga térmica devido aos motores elétricos, carga térmica devido a equipamentos no

recinto e carga térmica devido à ventilação ou infiltração do ar para o ambiente (MACINTYRE, 1990).

Tratando do assunto em relação aos tipos de sistemas de aparelhos de climatização “ar condicionado”, esses podem ser classificados em dois tipos distintos, “ar condicionado de conforto”, que diz respeito aos sistemas de expansão direta, e “ar condicionado de processo” que diz respeito aos sistemas de expansão indireta (BRASIL, 2013).

Em relação aos sistemas de expansão direta ou evaporação direta, estes estão relacionados a equipamentos que dispõem de serpentinas em que um fluido refrigerante de alto calor latente é expandido. Assim, na mudança de estado, o fluido absorve calor e promove a refrigeração do ar em contato com as serpentinas do equipamento. (BRASIL, 2013). Neste caso, sua utilização é indicada para ambientes de baixo risco, visto que são aparelhos simples do tipo “ar-condicionado de janela” e/ou “Splits de teto ou parede” e não garantem condições ambientais adequadas a determinado processo.

Já os sistemas de expansão indireta, caracterizado como “ar condicionado de processo”, são aplicados em área de elevado nível de risco e áreas classificadas em ambientes do tipo: salas de cirurgia, de fabricação de produtos farmacêuticos, salas limpas para a produção de circuitos integrados entre outros (BRASIL, 2013). Nesse caso, em sistemas de expansão indireta, o fluido refrigerante não entra em contato direto com a serpentina localizada no ambiente condicionado e sim com um meio intermediário, normalmente a água ou salmoura.

No caso da água, esta é gelada, é produzida no evaporador do resfriador de líquido (*chiller*), sendo estas enviadas, por meio de bombas hidráulicas para outra serpentina ou trocador de calor que usualmente se localiza em uma Unidade de Tratamento de Ar (UTA), local onde irá ocorrer o resfriamento do ar tratado utilizado para abastecer o ambiente a ser climatizado (BRASIL, 2013).

## NORMAS E TERMINOLOGIAS

A seguir são destacadas algumas das principais normas, decretos e resoluções existentes no mercado brasileiro, a fim de auxiliar os alunos e futuros projetistas na tomada de decisões. O objetivo geral é realizar um resumo do que é tratado nos documentos a fim de auxiliar na leitura e interpretação do material disponibilizado pelos órgãos fiscalizadores e legisladores aos profissionais do setor.

Os respectivos profissionais e discentes da disciplina a ser criada não precisam ficar restritos às descrições apresentadas, sendo extremamente recomendado sempre pesquisar quais as legislações que estão em vigor ou se foram canceladas; ainda sim, pesquisar mesmo as normas canceladas. Com isso, as normas a serem consideradas são as seguintes:

- a) RDC 50:2002, é um balizador para outras diversas legislações, sendo esta considerada um marco histórico para o mercado brasileiro quando elaborada, ela aborda de modo simplificado se o ambiente precisa de exaustão ou ar condicionado, não aborda parâmetros de qualidade de ar e temperatura.
- b) ABNT NBR 7256:2021, essa legislação aborda o tratamento de ar em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS), tratando da necessidade de garantir a correta circulação do ar, buscando atingir basicamente três aspectos distintos, em especial: evitar a contaminação de ambientes pelo ar; evitar a proliferação de microrganismos; e garantir a pureza do ar.
- c) ABNT NBR 16401:2008, que é uma atualização da antiga ABNT NBR 6401:1990, a qual traz diversos itens complementares não abordados na ABNT NBR 6401:1990, devido às novas tecnologias existentes e concepção de gestão de projetos ampliada, dado às experiências prévias adquiridas ao longo deste intervalo de tempo.
- d) ABNT NBR 16655:2019, que é uma atualização da antiga ABNT NBR 6401:1990, visto que a atualização proposta da ABNT 16401:2008 é indicada para sistemas maiores que 10 Toneladas de Refrigeração (TR), o que elimina sistemas menores. Nesse contexto, a ABNT NBR 16655:2019 aborda o seguinte tema “Instalação de sistemas residenciais de ar condicionado - Split e Compacto”, sendo ela dividida em três partes: parte 1: projeto e instalação; parte 2: procedimento para ensaio de estanqueidade, desidratação e carga de fluido frigorífico; e parte 3: método de cálculo da carga térmica residencial.
- e) Resolução RE 09:2003 é uma atualização da antiga RE nº176 de 2000. Em especial, essa legislação estabelece alguns padrões de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo de baixo risco utilizado por muitas pessoas, cuja falta de equilíbrio poderá causar danos à saúde dos ocupantes do espaço.
- f) RDC 67:2007 e Resolução 1332:2007, em especial; as duas legislações devem ser estudadas juntas, pois a Secretaria de Vigilância Sanitária de Minas Gerais, após publicação da RDC 67:2007, que trata sobre o Regulamento Técnico sobre Boas Práticas de Manipulação de Preparações Magistrais e Oficiais para Uso Humano em Farmácias, percebeu que alguns itens não ficaram bem claros, o que ocasionou questionamentos e falta de padronização para os estabelecimentos de saúde.

As normas citadas anteriormente são os pilares para se trabalhar na área de climatização e ventilação mecânica. Junto ao seu conhecimento, é necessária a associação de significado com a realização de estudos de casos de projetos e terminologias de projetos, a fim de ilustrar de forma simples e clara os assuntos tratados. As terminologias a serem abordadas são necessárias para ajudar na

fixação do conteúdo pelos estudantes no quesito: entendimento do que está se representando graficamente nas pranchas, correlação entre nome técnico e elemento, processo de fabricação e/ou instalação de equipamentos e acessórios. São exemplos de terminologias: difusor, grelha, rede de tubos de ar, Dampers corta fogo, serpentinas de aquecimento, Unidade de Aquecimento de Ar (UTA), termostatos, Termohigrômetro, caixas de passagem (*Pass-boxes*), equipamentos de aferição, entre outros.

## RESULTADOS

Ao adotar a sequência de conteúdos propostos desde os “Conceitos iniciais”, é esperado que o professor consiga construir com os educandos uma sequência lógica de conteúdo que possibilite o seu aprendizado em relação ao tema proposto e aos novos desafios que lhes serão apresentados todos os dias, em uma sociedade cada vez mais complexa.

O caminho apresentado é baseado em demandas típicas de empreendimentos comerciais, empresas de engenharia do segmento e cursos de especialização e aperfeiçoamento, que têm como objetivo fortalecer o conhecimento técnico de profissionais já formados com as novas tecnologias e rotinas de produtividade, a fim de torná-los mais eficientes durante o seu trabalho cotidiano. Sob esse ponto de vista, o conteúdo produzido caminha de encontro às Novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) do curso de Graduação em Engenharia, que clamam pela necessidade de atualizar a formação em Engenharia no país, conforme expectativa de mercado, visando a atender às demandas futuras por mais e melhores engenheiros que saibam aplicar seus conhecimentos para resolver problemas concretos do cotidiano. Nesse contexto, as Novas Diretrizes recomendam explorar os conteúdos de ensino, ao longo do curso, em função de determinadas competências profissionais esperadas que o aluno egresso tenha ao entrar no mercado de trabalho.

Conforme indica o Parecer CNE/CES 1/2019, são esperadas as seguintes

competências gerais, aplicadas ao contexto de cada instituição de ensino e curso:

- I. Formular e conceber soluções desejáveis de Engenharia, analisando e compreendendo a necessidade dos usuários e seu contexto;
- II. Analisar e compreender os fenômenos físicos e químicos por meio de modelos simbólicos, físicos e outros, uma vez verificados e validados por experimentação;
- III. Conceber, projetar e analisar sistemas, produtos (bens e serviços), componentes ou processos;
- IV. Implantar, supervisionar e controlar as soluções de Engenharia;
- V. Comunicar-se eficazmente nas formas escrita, oral e gráfica;
- VI. Trabalhar e liderar equipes multidisciplinares;
- VII. Conhecer e aplicar com ética a legislação e os atos normativos no âmbito do exercício da profissão;
- VIII. Aprender de forma autônoma e lidar com situações e contextos complexos, atualizando-se em relação aos avanços da ciência, da tecnologia, bem como em relação aos desafios da inovação. (Parecer CNE/CES 1/2019)

As competências apresentadas acima são exploradas na sequência de conteúdos propostos para a disciplina, conjugadas também com uma atividade de “Desafio Profissional”, criada para ser trabalhada com os alunos, que trabalha questões relacionadas à capacidade de liderança para trabalho em equipe, de autoaprendizagem entre outras.

O “Desafio Profissional”, amplamente abordado em cursos de aperfeiçoamento e especialização, é fundamental na ajuda de absorção dos novos conceitos provenientes da rápida evolução tecnológica, colaborando para que a inserção no ambiente profissional não seja feita de forma tardia, após a formação do estudante.

Destaca-se que como se trata de uma disciplina de caráter eletiva (ou optativa) de integração de conhecimentos e aplicação, é necessário que toda a base conceitual de

internalização e mobilização tenham sido construídas anteriormente em disciplinas obrigatórias, da grade curricular do curso de Engenharia Mecânica da UFJF e de outras instituições que desejam aplicar a “metodologia” apresentada.

Por fim, destaca-se que a pesquisa para criação da disciplina possibilitou também a construção de um plano de ensino nos padrões da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), sendo indicado, nesse caso, que o conteúdo seja trabalhado durante uma carga horária de 60 horas, proporcional a 4 créditos.

Em resumo, a pesquisa procura colaborar para produzir como resultado final os seguintes itens também: (i) elevar a qualidade do Ensino em Engenharia em nossa instituição; (ii)

permitir maior flexibilidade no curso de Engenharia, possibilitando a instituição inovar em seu modelo de formação generalista; (iii) aumentar a taxa de profissionais habilitados em climatização e ventilação mecânica, por meio de uma disciplina eletiva, colaborando para o processo de ensino e aprendizado durante a graduação; e (iv) oferecer atividades compatíveis com as demandas presentes e futuras por melhores engenheiros na área de climatização e ventilação mecânica.

Na Tabela 1, é apresentado um resumo de algumas relações entre competência desenvolvida *versus* atividade desenvolvida, estimulada pelo professor no discente ao longo da disciplina eletiva proposta.

**Tabela 1 – Relação entre competências X atividades desenvolvidas**

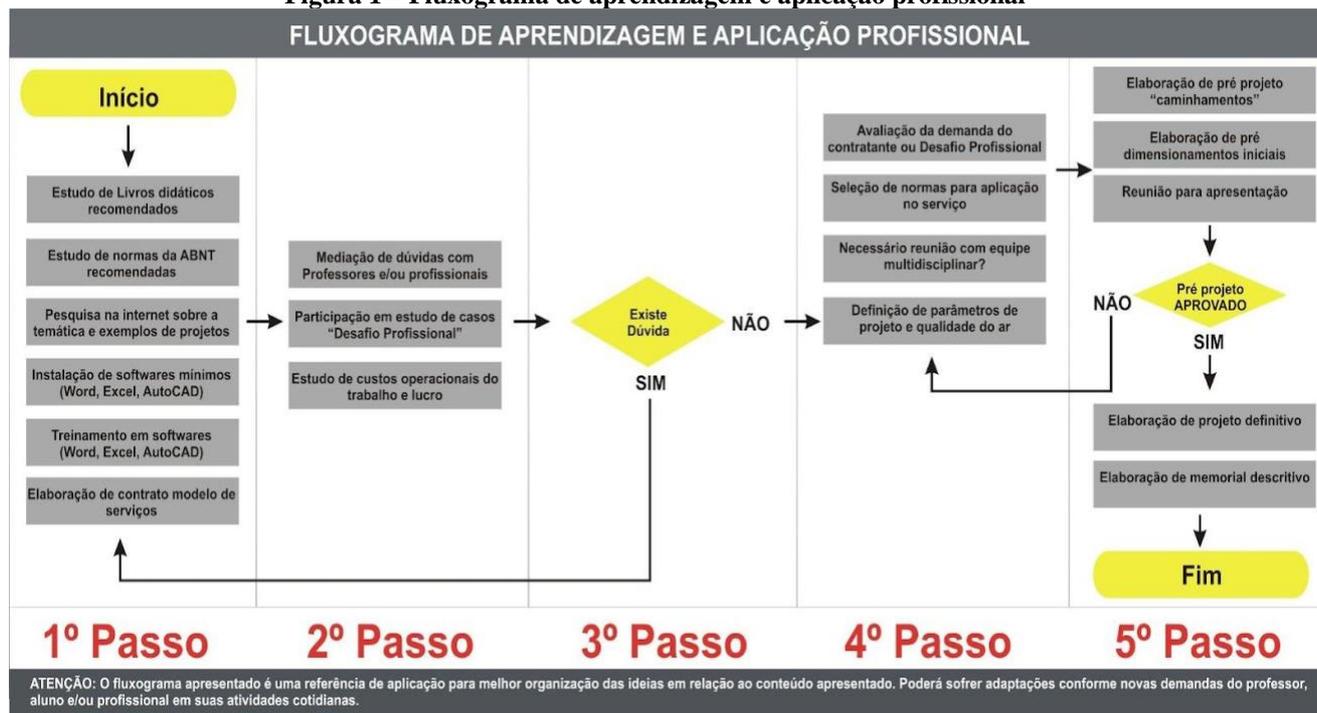
<b>Competências desenvolvidas</b>	<b>Descrição da atividade desenvolvida</b>
Formular e conceber soluções desejáveis de Engenharia, analisando e compreendendo a necessidade dos usuários e seu contexto	Na atividade de Desafio Profissional, é apresentada a demanda do usuário. Neste caso, cabe ao aluno analisar e interpretar a situação problema apresentada e propor soluções, conforme conteúdo previamente aprendido.
Conceber, projetar e analisar sistemas, produtos (bens e serviços), componentes ou processos	De acordo com estudo de caso proposto, imagens ilustrando sistemas existentes, e estudo prévio do material didático e livros indicados na ementa. O aluno poderá propor projetos preliminares em equipe a fim de conceber soluções para o problema proposto no Desafio Profissional.
Comunicar-se eficazmente nas formas escrita, oral e gráfica	As atividades de: estudo de viabilidade inicial, projeto técnico, memoriais de cálculo e memorial descritivo do sistema projetado, indicado nas atividades de Desafio Profissional contribuem para estimular a comunicação escrita e gráfica.
Aprender de forma autônoma e lidar com situações e contextos complexos, atualizando-se em relação aos avanços da ciência, da tecnologia, bem como em relação aos desafios da inovação	A atividade de autoavaliação e autorreflexão, indicada ao final do Desafio Profissional, contribui para estimular essa competência profissional, visto que estimula o aluno a se questionar e buscar informações se o que produziu como produto final, está dentro do esperado pelo usuário.

Fonte: elaborada pelos autores.

Na Figura 1 é apresentado um fluxograma construído durante a pesquisa para melhor organização dos alunos e professores em

relação à sugestão de caminho metodológico e análise dos conteúdos.

Figura 1 – Fluxograma de aprendizagem e aplicação profissional



Fonte: acervo dos autores.

Em relação à atividade “Desafio profissional”, o aluno terá que fazer um estudo de caso a fim de vivenciar a área de projetista, pois é necessário que o profissional, engenheiro ou arquiteto, tenha conhecimentos técnicos, habilidades de desenho a mão livre “croqui” e domínio de *softwares* (vetorização), uma vez que as representações gráficas dos produtos “projeto de climatização e ventilação” precisam ser reproduzidas de forma clara e objetiva para a compreensão de todos os envolvidos durante a execução e operação, independente da área de formação.

Além disso, é importante conhecer as normas técnicas para aplicação da representação gráfica, pois se trata de uma linguagem universal com padrões técnicos nacionais e internacionais.

São apresentados, a seguir, alguns questionamentos que deverão constar na atividade de “Desafio profissional” para ajudar na interiorização do conteúdo e

desenvolvimentos de habilidades e competências:

1. Qual o nível de risco presente no local?
2. É um ambiente que precisa de “classificação da área”? Caso sim, qual?
3. Existe a necessidade de utilização de algum filtro? Caso sim, qual?
4. Foram identificadas todas as máquinas e equipamentos existentes nos ambientes?
5. O sistema será do tipo unitário ou central?
6. Existe a possibilidade de ventilação natural? Se não, por quê?

Em função de todo o conteúdo apresentado anteriormente, pôde-se criar uma proposta de disciplina eletiva de acordo com os desafios das novas DCN’s que é resumida na Ementa a seguir (Quadro 1).

## Quadro 1 – Ementa

### Ementa - Créditos: 4 (60h)

Sistemas de climatização e ventilação mecânica. Principais normas brasileiras aplicadas em edificações. Equipamentos, acessórios e conexões. Projeto e execução, estudo de caso preliminar. Os alunos trabalharão em equipe, na identificação de soluções para problemas dos usuários, na análise de estudo de viabilidade técnica, no desenvolvimento de memoriais de cálculos e descritivos.

### Objetivos

Ao final da disciplina o aluno deverá: compreender as principais normas aplicadas em edificações para climatização e ventilação mecânica; ter contato com os recentes avanços na área de climatização e ventilação mecânica por meio de imagens ilustrativas, possibilitando posteriormente saberem especificar máquinas e acessórios conforme conhecimento prévio de sua existência e tecnologia disponível; ser capaz de tomar decisões de escolha do melhor sistema em função das restrições impostas pelo contratante e arquitetura do local, por meio da análise de dados e aplicação de modelos matemáticos; ter a capacidade de trabalhar em grupo coordenando a distribuição de tarefas entre os envolvidos durante o processo de estudo de viabilidade e projeto técnico; avaliar de forma multidisciplinar um projeto de arquitetura para integração do projeto mecânico com outras disciplinas; ser capaz de realizar cálculos e dimensionamento: carga térmica; dimensões de dutos, dimensões de grelhas, dimensões de difusores, dimensões de acessórios e conexões; ser capaz de elaborar memoriais descritivos do sistema projetado e de manutenções; ter a capacidade de aplicar computação na otimização de sistemas e na representação gráfica destes; saber fazer uso ético de dados e informações, em acordo com a legislação vigente; aplicar o tema ao contexto das atividades de um Engenheiro Mecânico.

### Conteúdo

1. Introdução.
2. Sistemas de climatização e ventilação mecânica.
3. Principais normas brasileiras aplicadas em edificações.
  - 3.1 RDC 50/2002
  - 3.2 ABNT 7256/2021
  - 3.3 ABNT 16401/2008
  - 3.4 ABNT 16655/2019
  - 3.3 ABNT 16101/2012
  - 3.4 Resolução RE N°09
  - 3.5 RDC 67/2007 e Resolução 1332/2007
4. Introdução sistemas de filtros.
5. Introdução a equipamentos, acessórios e conexões.
6. Estudo de caso (Desafio Profissional).

### Avaliação/atividades

Como indicado pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), a avaliação será realizada ao longo do semestre expondo o aluno a situações problemas que o levará a buscar respostas e propor soluções profissionais, sendo aplicado estudos de casos, denominado “Desafio Profissional”, na forma de uma consultoria.

### Bibliografia

CREDER, Hélio. Instalações de ar condicionado. 6 ed. reimpr. Rio de Janeiro: LTC, 2013. xv, 318 p.  
MACINTYRE, Archibald Joseph. Ventilação Industrial e Controle da Poluição. São Paulo. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 2a edição, 1990.  
MILLER, R., MILLER, M. R. Refrigeração e Ar Condicionado. São Paulo: LTC, 2008.  
STOECKER, Wilbert F; JABARDO, J.M.S. Refrigeração Industrial. São Paulo: Edgard Blucher, 2002.

### Bibliografia complementar

ABNT NBR-6492: Representação de Projetos de Arquitetura. Rio de Janeiro, 1994.  
ABNT NBR-6401: Instalações centrais de ar-condicionado para conforto - Parâmetros básicos de projeto. Rio de Janeiro, 1980.  
ABNT NBR-16401: Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários. Rio de Janeiro, 2008.  
ABNT NBR-7256: Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) - Requisitos para projeto e execução das instalações. Rio de Janeiro, 2021.  
ABNT NBR-16101: Filtros para partículas em suspensão no ar - Determinação da eficiência para filtros grossos, médios e finos. Rio de Janeiro, 2012.  
ABNT NBR-16655: Instalação de sistemas residenciais de ar-condicionado - Split e compacto. Rio de Janeiro, 2019.  
ANVISA RESOLUÇÃO RE N°9: Orientação técnica elaborada por grupo técnico assessor sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Brasília, 2003.  
BRASIL. Ministério da Saúde. RDC nº50, de 21 de fevereiro de 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programa, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. Diário Oficial da Republica Federal do Brasil. Brasília, 20 de mar. De 2002

Fonte: acervo dos autores.

## CONCLUSÕES

O presente estudo possibilitou a formação de uma visão ampliada para a constituição de uma disciplina eletiva para o curso de Engenharia Mecânica, levantando questões de suma importância para o processo de ensino e aprendizado do educando para conteúdos relacionados à área de climatização e ventilação mecânica no Brasil, atendendo também às novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para os cursos de Bacharel em Engenharia.

Nesse contexto, um bom projetista de serviços de engenharia precisa ter um entendimento profundo em relação ao objetivo do projeto a ser elaborado, a fim de aplicação coerente dos conhecimentos científicos e metodologias ao fim que se destina, tendo como parâmetro não só a segurança física dos ocupantes do espaço como também da matéria prima utilizada no local. Para isso é necessária uma busca profunda de respostas à atividade pleiteada por seu contratante a fim de avaliar se essas se relacionam com as normas técnicas disponíveis. Caso sim, é preciso definir os parâmetros de projeto como: tipo de filtro da instalação, se a sala será classificada, taxa de renovação de ar, gradiente de pressão entre os ambientes, nível de risco, entre outros, bem como verificar se a infraestrutura física disponível no local ou projeto de arquitetura fornecido pelo profissional de arquitetura atende às características normativas.

Destaca-se que o sistema de climatização e ventilação mecânica pode se tornar causa e fonte de contaminações diversas, se não for corretamente projetado, construído, operado e monitorado, ou ainda se não receberem os cuidados necessários de limpeza e manutenção ao longo de sua vida útil. Portanto, é de suma importância para o sucesso do sistema que se mantenha a atenção para esses aspectos e sejam realizados registros em memoriais descritivos antes de entregar o trabalho final para o empreendedor.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Guia da Qualidade para Sistemas de Tratamento de Ar e Monitoramento Ambiental na Indústria Farmacêutica**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Brasília, 2013. Disponível em: [encurtador.com.br/ae/CR2](http://encurtador.com.br/ae/CR2). Acesso em: 17 jul. 2021.
- CLEZAR, C. A.; NOGUEIRA, A. C. R. **Ventilação industrial**. 2 ed. **Rev. Florianópolis**: UFSC, 240 p. 2009.
- DALBOSCO, C. A. **Educação e formas de conhecimento: do inatismo antigo (Platão) e da educação natural moderna (Rousseau)**. Universidade de Passo Fundo, 2012.
- DÍAZ, F. **O processo de aprendizagem e seus transtornos**. Salvador: EDUFBA. 396p. 2011.
- FERREIRA JUNIOR, M. G. **Inovação, qualidade e confiabilidade: em busca de uma nova metodologia pedagógica do ensino de engenharia no Brasil**. Educação sem Distância, n.1, 2020.
- FREITAS, R. E. P.; FONTANA, M. I.; ZATTI, A. H. **Relações entre metodologia ativa, avaliação formativa e aprendizagem discente no curso de Engenharia Mecânica**. Cadernos UniFOA. Ed. 45. 2021.
- GATTO, J. T. **Emburrecimento programado: o currículo oculto da escolarização obrigatória**. Trad. Leonardo Araújo. Campinas/SP, CEDET – Centro de Desenvolvimento Profissional e Tecnológico, 2019.
- KAHNEMAN, D. **Rápido e devagar: duas formas de pensar**. Rio de Janeiro, Editora Rocco, 2012.
- MACINTYRE, A. J. **Ventilação Industrial e controle da poluição**. São Paulo. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 2ª edição, 1990.
- MILLER, M. R. **Refrigeração e ar condicionado**. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

## DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES



**Manoel Policiano Tertolino da Silva** – Possui MBA em Gestão de Projetos pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo - USP. Possui Graduação em Engenharia Civil; Graduação em Engenharia Mecânica; Graduação em Ciência Exatas e Graduação em Pedagogia pela Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF. Possui Formação técnica de Nível Médio em Construção Civil na modalidade Edificações e Formação Técnica de Nível Médio em Design de Móveis pelo Colégio Técnico Universitário - CTU. Possui mais de 14 anos de experiência na área empresarial, atuando em gestão e desenvolvimento de projetos na área de engenharias e arquitetura. Orientador conteudista e professor conteudista em Educação a Distância (EAD) em ambiente virtual de aprendizado.



**Yipsy Roque Benito** – Professora do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Gradou-se em Engenharia Mecânica pela Universidade Central Marta Abreu de Las Villas (1998). Possui mestrado em Engenharia Mecânica - Petróleo e Energia - pela PUC-Rio (2007) e doutorado em Engenharia Mecânica, também pela PUC-Rio (2012). Possui experiência profissional na elaboração de projetos de sistemas térmicos. Atualmente, faz parte de dois grupos de pesquisa Grupo de Conversão Eletromecânica de Energia (GCEME) da UFJF. Participam dois projetos: Banco de Testes de Propulsão Aeronáutica Híbrida-Elétrica financiado pela EMBRAER/FAPEMIG e Plataforma de Biodiesel da Zona da Mata. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Máquinas Térmicas, Refrigeração, Fenômenos de Transporte e Aproveitamento de Energia.



**Carlos Renato Pagotto** – Possui graduação em Engenharia Mecânica pela UNESP – Universidade Estadual Paulista (campus Guaratinguetá), fez mestrado e doutorado pela Escola de Engenharia de São Carlos – EESC – USP, trabalhou na Petrobrás durante 8 anos como Engenheiro de Petróleo e pesquisador no CENPES (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello), Atuou como professor assistente na Universidade Presbiteriana Mackenzie em São Paulo, atua como professor associado na Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF além de ter atuado em cargo de gestão na mesma Universidade.