

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

GABRIELLA GONÇALVES GUINDANI

**O BIM COMO FERRAMENTA PARA O DESENVOLVIMENTO DAS
COMPETÊNCIAS DO ENGENHEIRO CIVIL: UM ESTUDO DE CASO NA UTFPR
*CAMPUS PATO BRANCO***

PATO BRANCO

2023

GABRIELLA GONÇALVES GUINDANI

**O BIM COMO FERRAMENTA PARA O DESENVOLVIMENTO DAS
COMPETÊNCIAS DO ENGENHEIRO CIVIL: UM ESTUDO DE CASO NA UTFPR
CAMPUS PATO BRANCO**

**BIM AS TOOLS FOR THE DEVELOPMENT OF THE COMPETENCIES OF
CIVIL ENGINEERS: A CASE STUDY OF UTFPR CAMPUS PATO BRANCO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Lucino Minghini.
Coorientadora: Prof^a Msc. Rayana Carolina Conterno.

PATO BRANCO

2023

GABRIELLA GONÇALVES GUINDANI



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**O BIM COMO FERRAMENTA PARA O DESENVOLVIMENTO DAS
COMPETÊNCIAS DO ENGENHEIRO CIVIL: UM ESTUDO DE CASO NA UTFPR
CAMPUS PATO BRANCO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Lucino Minghini.
Coorientadora: Profª Msc. Rayana Carolina Conterno.

Data de aprovação: 06 de maio 2023

Luciano Minghini
Doutor em Administração
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Volmir Sabbi
Doutor em Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Paôla Regina Dalcanal
Doutora em Engenharia Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Rayana Carolina Conterno
Mestra em Desenvolvimento Regional
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**PATO BRANCO
2023**

Dedico este trabalho à minha família e amigos pelos
momentos de encorajamento.

AGRADECIMENTOS

Para as pessoas não citadas, peço minhas desculpas, mas que estejam cientes que fazem parte dos meus agradecimentos.

Agradeço a meu orientador Prof. Dr. Luciano Minghini e minha coorientadora Prof^a Msc. Rayana Carolina Conterno pela paciência e entusiasmo com que me orientaram.

Aos meus amigos, professores e principalmente a minha família, agradeço com todo o meu coração por terem me acompanhado nessa jornada. A todos que contribuíram para essa pesquisa registro o meu agradecimento.

Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua produção ou sua construção” (FREIRE, 1998, p. 25).

RESUMO

Com os avanços tecnológicos na área da construção civil, programas que visam a integração de várias dimensões de trabalho foram desenvolvidos. Nesse sentido, o BIM foi criado e ao longo dos anos vem se tornando um conceito bastante difundido e apreciado. O seguinte trabalho visa analisar a contribuição do BIM para o desenvolvimento das competências do engenheiro do curso de engenharia civil da UTFPR campus Pato Branco. A análise realizada teve base nas competências profissionais do engenheiro e conceitos, conteúdos e características da modelagem BIM. Os resultados obtidos puderam expor que o curso estudado tem potencial de aplicabilidade do nível básico de resolutividade do BIM. De forma conclusiva, o BIM pode ser usado como uma ferramenta de ensino ativo que contribui para o desenvolvimento do egresso do curso estudado.

Palavras chaves: BIM. Competências do engenheiro. Ensino ativo.

ABSTRACT

With the progress of technology within the civil engineering area, programs that vision the integration of several dimensions of work were developed. In this matter, BIM was created and has been turned a concept widespread and appreciated. This paper intends to analyze the contributions of BIM in the development of civil engineers in the course of the civil engineering of UTFPR campus Pato Branco. The analysis made was based on the professional competencies of the engineers and the concepts, contents, and characteristics of BIM. The results obtained demonstrated that the course has the applicability potential of the resolutive basic level of BIM. Therefore, BIM can be used as a tool of active learning that make contributions to the development of the course's egress.

Key Words: BIM. Engineer competencies. Active Learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: O Roadmap USACE 2012 para adoção do BIM	22
Figura 2: Fluxograma das etapas do estudo	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Conceitos-chaves das DCNs e PPC	35
Quadro 2: Níveis de análise das características BIM	34
Quadro 3: Conteúdos BIM e seus respectivos códigos	37
Quadro 4: Relação entre os Níveis de análise das características BIM e os conceitos-chaves do perfil do egresso do curso de Engenharia Civil	40
Quadro 5: Relação das disciplinas básicas do curso Engenharia Civil da UTFPR campus Pato Branco	43
Quadro 6: Conteúdos BIM abordados pelo método utilizado que podem ser empregados nas disciplinas do núcleo básico.	45
Quadro 7: Relação das disciplinas profissionalizantes do curso Engenharia Civil da UTFPR campus Pato Branco com as classificações de relação com o BIM do método utilizado	46
Quadro 8: Conteúdos BIM abordados pelo método utilizado que podem ser empregados nas disciplinas do núcleo profissionalizante	48
Quadro 9: Relação das disciplinas optativas de humanidades do curso Engenharia Civil da UTFPR campus Pato Branco com o BIM	51
Quadro 10: Relação das disciplinas optativas profissionalizantes do curso Engenharia Civil da UTFPR campus Pato Branco com as classificações de relação com o BIM do método utilizado	52
Quadro 11: Conteúdos BIM abordados pelo método utilizado que podem ser empregados nas disciplinas optativas estudadas	53

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	14
1.1.1	Objetivo geral.....	14
1.1.2	Objetivos específicos	14
1.2	Justificativa	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Competências Profissionais	16
2.1.1	Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs).....	16
2.1.2	Projeto Pedagógico do curso de graduação em Engenharia	18
2.2	Bim: conceito, ciclo e níveis de maturidade	19
2.2.1	Estudos de caso em contexto real da utilização do BIM em projetos.	25
2.3	BIM como ferramenta de ensino	26
2.3.1	BIM no contexto de ensino-aprendizagem.....	26
2.3.2	Estratégias de inserção do BIM no currículo de graduação e método de análise de componentes curriculares.	27
2.3.3	Estudo de caso	28
3	METODOLOGIA	31
3.1	Relacionar as proposições teórico-empíricas do BIM com as competências profissionais do engenheiro	32
3.2	Identificar as possibilidades de aplicação do BIM no curso estudado	36
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	40
4.1	Relação das proposições teórico-empíricas do BIM com as competências profissionais do engenheiro	40
4.2	Identificação das possibilidades de aplicação do BIM no curso estudado	42
4.3	Parecer geral sobre o curso estudado	54
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
	REFERÊNCIAS	60
	ANEXO A - Matriz curricular do curso de Engenharia Civil da UTFPR CAMPUS Pato Branco	64

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos séculos, o setor da construção civil vem se desenvolvendo e implementando novas tecnologias a fim de aumentar sua produtividade e melhorar a qualidade de seus produtos. Neste contexto, *softwares* como o BIM (*Building Information Modelling*), sigla em inglês para Modelagem de Informação para a Construção, foram criados com o objetivo de auxiliar engenheiros e arquitetos na otimização da concepção de projetos complexos e diferenciados. Conforme Eastman *et al.* (2021), o BIM é uma inovação com relação a união de informações tanto sobre os processos executados quanto os produtos utilizados em um projeto, “[...]se a invenção dos desenhos técnicos de plantas, projeções, cortes e detalhes foi a primeira revolução nas informações da construção, o BIM é a segunda [...]” (EASTMAN *et al.*, 2021, p. 203).

Tendo isso em vista e observando que em um ambiente em que a tecnologia progride a todo momento, as Instituições de Ensino Superior (IES) deram início a reestruturação curricular e adequação das metodologias de ensino empregadas com o enfoque na obtenção de conhecimentos aplicados (GUINDANI *et al.*, 2021). Essa ação, almeja orientar os discentes dessas universidades a adquirir conhecimentos e práticas para se inserirem com maior facilidade no mercado de trabalho.

Considerando a possibilidade do uso do BIM como ferramenta de ensino, pesquisa e extensão, o escopo deste trabalho é analisar se essa modelagem contribui para o desenvolvimento das competências do engenheiro no curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica do Paraná, Campus Pato Branco (UTFPR-PB). Essa proposta levará em conta a reestruturação curricular dos cursos de engenharia que deve propiciar ao seu egresso as competências gerais como a de conseguir idealizar e gerar soluções coerentes de engenharia, observando e compreendendo os consumidores dessas soluções e seu contexto (BRASIL, 2019).

Para isso, foi realizada a relação entre as categorias de análise do BIM com as competências profissionais do engenheiro, utilizando de revisões bibliográficas sobre as aplicações dessa ferramenta e a análise das novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) do curso de engenharia e do Projeto Pedagógico do curso de graduação em Engenharia do curso estudado (PPC). Ainda, foi feita a identificação das possibilidades de aplicação do BIM no curso de Engenharia Civil da UTFPR- PB

por meio da aplicação do método de análise de componentes curriculares de Checcuci e Amorim (2014) em documentos como as ementas das disciplinas do curso estudado.

De forma a executar o estudo proposto, o trabalho é composto por objetivo, justificativa, revisão bibliográfica, metodologia, estudo de caso, resultados e discussões e por fim, considerações finais.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Analisar a contribuição do BIM para o desenvolvimento das competências do engenheiro: um estudo de caso do curso de Engenharia Civil da UTFPR *Campus* Pato Branco.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Relacionar as proposições teórico-empíricas do BIM com as competências profissionais do engenheiro;
- b) Identificar as possibilidades de aplicação do BIM no curso estudado;

1.2 Justificativa

Com os avanços tecnológicos, novas metodologias, práticas e ferramentas são desenvolvidas para melhor atender as demandas do mundo do trabalho. Por conta disso, é preciso que a formação profissional também se inove no sentido de acompanhar estas tecnologias e proporcionar a sua aplicação efetiva, potencializando o ingresso e permanência do profissional no mercado de trabalho. Um exemplo recente e importante de inovação na área da Engenharia Civil é o BIM, que pode ser entendido como “[...] uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção [...]”

(EASTMAN *et al.*, 2021, p. 21). Desde sua concepção, o BIM tem se tornado um grande aliado dos profissionais de engenharia e arquitetura na elaboração de projetos de construções em geral.

Segundo Azhar, Hein e Sketo (2008), o uso dessa modelagem proporciona a melhora da previsão de resultados e na construção em si do projeto. Conforme o aumento do uso do BIM, a colaboração entre projetistas é elevada, o que contribui para o crescimento do lucro, redução dos custos, melhora no gerenciamento de tempo e amplia a relação entre cliente e empresa (AZHAR; HEIN; SKETO, 2008).

Sendo assim, isso pode ser observado em um artigo da Sienge (2020, *apud* ABRAIN, 2022), que indica que o uso do BIM pode minimizar a perda de tempo com o orçamento e concepção de projetos em até 40%. Segundo pesquisa realizada pela mesma empresa, chamada Mapeamento BIM Brasil Maturidade, pode-se verificar que 70% das empresas brasileiras entrevistadas não usuárias dessa ferramenta pretendem adotá-la em um prazo de dois anos (SIENGE, 2020).

Entretanto, segundo Barreto *et al.* (2016), o ensino com o uso do BIM nos cursos de Arquitetura e Engenharia Civil nos institutos de ensino brasileiros é um dos limitantes que prejudica a implementação, adoção e a disseminação desse conceito no país, já que o estudo dessa modelagem no Brasil ainda não é bem explorado. Percebe-se que a dificuldade da inserção dessa ferramenta nas empresas do ramo da construção se dá pela falta de ensino e pesquisa em BIM (BARRETO *et al.*, 2016).

Tendo isso em vista, a importância da seguinte pesquisa é demonstrar a necessidade da inserção de ferramentas BIM dentro do ambiente acadêmico para contribuir no desenvolvimento das competências profissionais do engenheiro civil, ampliar os conhecimentos dos alunos egressos do curso e melhor prepará-los para o mercado de trabalho.

Dessa forma, a referida proposta vai ao encontro com a reestruturação curricular dos cursos de engenharia civil que, segundo o Art. 3º da resolução Nº 2 de 24 de abril de 2019, que institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, o egresso do curso de graduação em engenharia deve “[...] estar apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora” (BRASIL, 2019, p. 01).

Com relação a viabilidade do referido trabalho, por ser uma pesquisa qualitativa com o uso de documentos como base de dados para os resultados, é possível dizer que é viável.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão abordados os seguintes tópicos: Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de Engenharia Civil, o BIM e o BIM como ferramenta de ensino.

2.1 Competências Profissionais

2.1.1 Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs)

De acordo com o Ministério da Educação (2002), as Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia foram aprovadas no ano de 2001. Nessa proposição, a grade curricular dos cursos de engenharia, definição anterior de currículo, é mudada para um conceito abrangente que se entende como um agrupado de práticas de aprendizado que o discente absorve no decorrer do progresso participativo de produção de uma metodologia de estudos integrado (BRASIL, 2002).

Essa perspectiva advém do fato de que atualmente cada vez mais as instituições de ensino buscam estruturas flexíveis que possibilitem ao egresso dos cursos de engenharia grande interação entre a teoria e a prática, metodologias pedagógicas em que o aluno é o protagonista, apoio filosófico focado na competência, enfoque na síntese e na transdisciplinaridade, entre outros (BRASIL, 2002).

Sendo assim, as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) homologadas no ano de 2019 pelo Ministério da Educação preveem que o discente de engenharia quando formado possua as seguintes características: (a) vasta formação técnica, olhar humanista, possuir senso crítico, ser reflexivo, criativo, colaborativo e ético; (b) conseguir utilizar inovações tecnológicas com o objetivo de inovar e empreender; (c) ser decisivo em problemáticas relacionadas com a engenharia; (d) capacidade de ter ponto de vista multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática; (e) ter em mente circunstâncias cotidianas como política, social, ambiental, entre outros; (f) ser imparcial, comprometido e responsável socialmente e sustentável (BRASIL, 2019).

Entretanto, as DCNs não determinam somente o que se espera do egresso de engenharia, mas também o que os cursos de graduação devem proporcionar a esses indivíduos. As competências exigidas são: (a) elaborar e idealizar resoluções

apetecíveis de engenharia, entendendo e estudando o utilizador dessas resoluções e seu cenário; (b) entender e estudar fenômenos físicos e químicos utilizando modelos simbólicos, entre outros, analisados e confirmados por experimentação; (c) idealizar, projetar e observar sistemas, produtos, elementos ou procedimentos; (d) implementar, inspecionar e regular as soluções de engenharia; (e) ter boa comunicação nos aspectos oral, escrito e gráfico; (f) ter capacidade de liderança e cooperatividade em equipes multidisciplinares; (g) utilizar com ética e ter sabedoria da legislação e normativas que regem a profissão da engenharia; (h) ser autodidata e conseguir tratar com destreza circunstâncias e cenários complexos, se reciclando com relação às novas tecnologias, avanços da ciência e as dificuldades da inovação. Além disso, o egresso deve poder atuar como docente na formação de novos engenheiros, participar em todo o ciclo de vida e conjuntura do projeto de bens e serviços e de seus elementos, sistemas, desenvolvimentos produtivos e participar em todo o ciclo de vida e conjuntura de empreendimentos (BRASIL, 2019).

Com relação a organização do curso de graduação em engenharia, o Ministério da Educação (2019) infere que o projeto pedagógico dos cursos de engenharia deve conter o conjunto de atividades de aprendizagem e que garanta o desenvolvimento das competências requeridas do discente formado. Ademais, esse projeto necessariamente precisa explicar e caracterizar evidentemente as primordiais práticas de ensino-aprendizagem e os conteúdos sendo eles básicos, específicos, práticos, de pesquisa e extensão, entre outros essenciais ao desenvolvimento das competências exigidas do discente graduado (BRASIL, 2019).

Ainda, é necessário incentivar as atividades que associem a teoria, a prática e o contexto de execução essenciais para o desenvolvimento das competências exigidas do egresso, contendo as ações de extensão e a união empresa-escola. Outrossim, também é preciso a implantação de atividades que estimulem a integração e a interdisciplinaridade de forma coesa com o currículo do curso visando trabalhar de forma simultânea as dimensões técnicas, científicas, econômicas, sociais, ambientais e éticas. Além disso, a implementação de metodologias para aprendizagem ativa é incentivada, sendo que essas proporcionam uma educação mais centralizada no discente e é aconselhável que as ações de educação ocorram de forma que acerquem os alunos do meio profissional o que possibilita a integração entre mercado de trabalho e as instituições de ensino (BRASIL, 2019).

Analisando o corpo docente, o Ministério da Educação (2019) compreende que os cursos de graduação em Engenharia necessitam promover de forma duradoura um Programa de Formação e Desenvolvimento dos docentes para que esses possuam maior envolvimento com o Projeto Pedagógico, aprimorem no que se refere à proposta formativa abrangida no Projeto Pedagógico e enaltecimento da atividade de ensino.

2.1.2 Projeto Pedagógico do curso de graduação em Engenharia

Com relação ao Projeto Pedagógico do curso de graduação em Engenharia Civil elaborado pelo Núcleo Docente Estruturante do Curso Superior em Engenharia Civil (2022), têm-se que o perfil do egresso prevê que esse consiga gerar soluções de engenharia com eficácia técnica aplicada para a Construção Civil, tendo em vista as carências sociais e a sustentabilidade.

Dessa forma, esse profissional tem possibilidade de trabalhar nos setores públicos e privados no ramo da Construção Civil ou áreas afins e usando de tecnologias adequadas além de levar em conta entendimentos culturais, legislação, segurança e consequências ambientais obtém a competência de “[...] projetar sistemas, produtos e processos; executar obras de construção civil, envolvendo equipes multidisciplinares; gerenciar organizações, buscando empreender e inovar [...]” (UTFPR, 2022, p. 151).

Ainda, as competências profissionais necessitam ser exploradas dando autonomia didática aos docentes usufruindo de metodologias ativas de ensino. Além disso, o estudante deve ser o principal personagem nesse contexto e precisará solucionar problemas da área de Construção Civil tendo em vista “[...] uma perspectiva holística e humanista, de forma crítica, reflexiva, criativa, cooperativa e ética [...]” (UTFPR, 2022, p. 151). O empreendedorismo também é instigado principalmente em componentes curriculares que contemplem carga horária de atividades práticas, por exemplo em projetos que contenham relação com tópicos empresariais, sociais e ou tecnológicos.

O currículo do curso de Engenharia Civil da UTFPR – Campus Pato Branco têm como competências esperadas do egresso, seguindo as DCNs do Ministério da Educação de 2019 (a) a necessidade de gerar resoluções de problemas de Engenharia Civil eficazes estudando e entendendo os usuários e contexto; (b) estudar e entender fenômenos físicos e químicos; (c) idealizar, projetar e ponderar sistemas, produtos, componentes ou processos; (d) inserir, supervisionar e vistoriar soluções de Engenharia; (e) se comunicar de maneira eficiente de forma escrita, oral e gráfica; (f) realizar serviços e orientar equipes multidisciplinares em variadas situações; (g) compreender e usar com ética a legislação quando exercendo sua profissão; (f) assimilar de forma autodidata como tratar situações e contextos complexos, estudando os novos avanços científicos e da tecnologia (UTFPR, 2022).

2.2 Bim: conceito, ciclo e níveis de maturidade

De acordo com Eastman *et al.* (2021), o BIM auxilia em todas as fases de um projeto e possui capacidade de dar suporte às ações de construção, fabricação e contratação. Além disso,

O BIM também incorpora muitas das funções necessárias para modelar o ciclo de vida de uma edificação, proporcionando a base para novas capacidades de construção e projeto e modificações nos papéis e relacionamentos da equipe envolvida no empreendimento (EASTMAN *et al.*, 2021, p. 15).

Ainda, conforme a *National Institute of Building Sciences* (2007), o conceito BIM é abrangente e pode ser exposto em três categorias. A primeira e mais notória, é o BIM como um produto ou uma representação inteligente digital de dados sobre facilidades de capital. A segunda é o BIM como um processo colaborativo que possui as atividades necessárias de operacionalização, a capacidade dos processos automatizadas e um padrão de informação aberto usado para a sustentabilidade da informação e fidelidade. Já a terceira, identifica o BIM como uma ferramenta que consegue gerenciar o ciclo de vida das trocas de informações, o método de trabalho, os processos que a equipe executora usa como um recurso repetível, verificável e

ambiente baseado em informações sustentáveis usadas durante todo o ciclo de vida do projeto elaborado.

Com relação aos benefícios dessa ferramenta, a principal é a precisão da representação geométrica dos componentes de uma edificação em um contexto integrado de informações. Entretanto, o BIM possui outros benefícios como processos mais efetivos e rápidos, melhor *design*, maior controle do custo da construção, previsibilidade do desempenho ambiental da edificação, melhor serviço ao consumidor, entre outros (AZHAR; HEIN; SKETO, 2008).

Tendo como base este contexto, pode-se perceber que o BIM é um artefato complexo e que para adotá-lo por completo é necessário tempo para que o usuário passe por fases de evolução. Succar (2009) propõem uma escala de maturidade que é distribuída em três passos. No primeiro, o BIM é introduzido por um *software* com modelagem paramétrica em 3D, como *ArchiCAD*, *Revit*, entre outros. Nesse estágio, o utilizador desenvolve modelos com uma disciplina de projeto e detém-se a uma característica do processo podendo ser essa a concepção, construção ou operação que são as três partes do ciclo de vida de um projeto.

À vista disso, as práticas colaborativas na primeira etapa são semelhantes ao que se é feito em *softwares* que não são ferramentas BIM, ou seja, os projetos gerados não possuem um modelo baseado em troca de informações entre diferentes disciplinas. Dessa maneira, a troca de dados entre colaboradores é unidirecional e a comunicação não é síncrona. Entretanto, pela natureza dos modelos concebidos e a necessidade de possuírem uma resolução detalhada do *design* e da parte construtiva, a rapidez nas fases do ciclo de vida do projeto é incentivada.

Já o segundo passo, consiste em um modelo baseado em colaboração. Nesse, o usuário irá desenvolver modelos multidisciplinares envolvendo uma ou duas fases do ciclo de vida do projeto, um exemplo é relacionar o arquitetônico juntamente com o estrutural. É necessário notar que, somente um dos modelos que está colaborando precisa possuir informações geométricas 3D para que ocorra o intercâmbio semântico entre duas disciplinas. Essas trocas permitem gerar modelos 4D (análise do tempo com relação ao planejamento da obra) e modelos 5D (previsão de custos) (RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013). Ainda, Hardin e Mccool (2015) inferem que existem mais dimensões nos modelos BIM como o 6D (gestão de instalações) e o 7D, que estuda sustentabilidade. Para Kamardeen (2010), o BIM possui até a oitava dimensão (8D), que previne acidentes por modelagem.

Embora a comunicação ainda seja assíncrona, há melhora na interoperabilidade entre os agentes inclusos. “A adoção do BIM neste estágio requer a implementação de coordenação nos processos de projeto, associado a uma mudança de cultura da empresa, objetivando a adoção de equipes de projeto coordenadas” (RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013, p. 153).

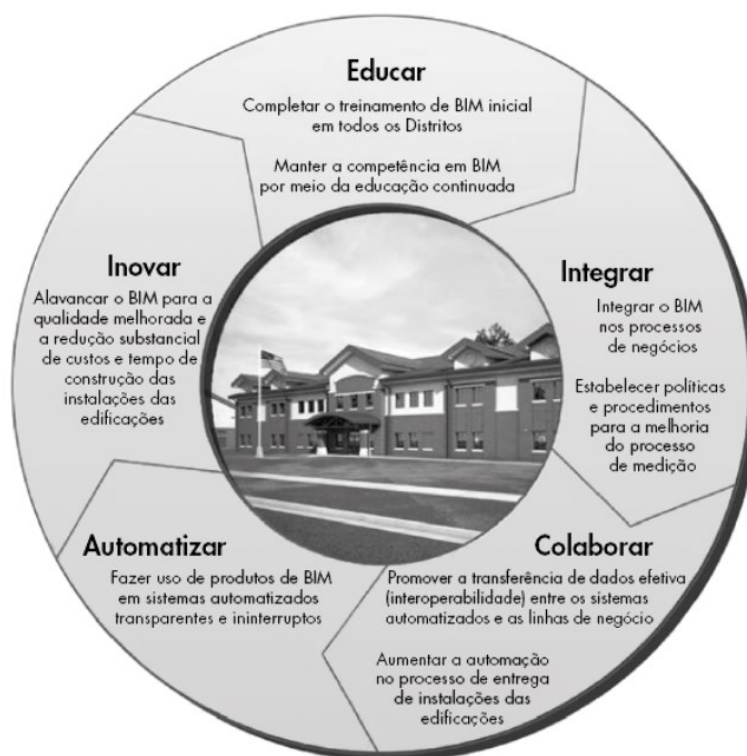
Na terceira e última fase, o modelo é concebido de forma compartilhada e colaborativa em todo o seu processo, ou seja, abrange todas as três partes do ciclo de vida de um projeto e a multidisciplinariedade da área da construção civil. Nessa etapa, além das possibilidades já citadas na segunda fase, é adicionado a inteligência de negócios, princípios de construção enxuta, política verde e todo o ciclo de vida de custo. A principal mudança se dá pela integração em rede, a sincronização do processo e a informação baseada em um sistema de banco de dados proporciona a diminuição de etapas de projeto o que gera um desenvolvimento mais rápido. Além disso, nesse estágio os modelos se tornam interdisciplinares o que propicia análises complexas em etapas iniciais da modelagem virtual e construção.

Succar (2009) ainda infere que no terceiro estágio, é necessário grande reconsideração na relação contratual, no risco de alocação do modelo e no fluxo do processo no momento da implantação. Para isso, o autor indica que é requerida maturidade tecnológica da empresa/software que possibilite o compartilhamento do modelo interdisciplinar para proporcionar acesso para as partes interessadas do projeto. A maturidade dos processos, das políticas e das tecnologias irão facilitar uma entrega de projeto integrado.

Não somente Succar (2009) inferiu sobre a escala de maturidade BIM, para Eastman *et al.* (2021) esse processo se comporta como um quantificador e gerenciador do nível de proficiência em BIM em uma instituição ou equipe de projeto. O autor compreende que, no geral, os tipos de maturidade BIM possuem dois alicerces: as áreas de interesse que são os critérios de avaliação e os níveis de maturidade que fornecem valores de pontuação. A união desses, proporciona o cálculo do nível de maturidade BIM para as áreas de interesse e a pontuação de maturidade resultante. Ainda, certas variedades de maturidade BIM estão determinadas em um nível macro que possuem poucas áreas de interesse, entretanto grande parte dos modelos são definidos em um nível muito aprofundado com variedade de áreas de interesse e múltiplos níveis de maturidade.

Já para USACE (2012), a escala de maturidade BIM é um processo cíclico constituído de 5 fases que são: Educar, Integrar, Colaborar, Automatizar e Inovar. Na figura 1 abaixo, é possível visualizar esse ciclo.

Figura 1: O Roadmap USACE 2012 para adoção do BIM



Fonte: (USACE, 2012, *apud* EASTMAN *et al.*, 2021, p. 184).

A primeira fase consiste na educação continuada que tem o objetivo de complementar a prática do BIM em todos os seus aspectos. Para o usuário dessa ferramenta obter todo o potencial de benefícios de implementação, é necessário amplo conhecimento do BIM.

O segundo momento se dá pela integração que estabelece políticas e procedimentos para mensurar a melhora dos processos de um projeto. Nessa etapa, a primeira iniciativa a ser tomada é estabelecer as melhores práticas para integrar as coordenadas de checagem e constar e solucionar sobreposições de modelagem no momento da concepção do projeto virtual levando em conta os princípios de melhor valor do ciclo de vida para o projeto.

A terceira etapa representa-se pela colaboração que promove efetivas transferências de dados entre sistemas automatizados e ramos de negócios. Essa

ação facilitaria a integração de tecnologias BIM para uma melhora significativa da gestão do ciclo de vida.

O quarto estágio corresponde a automação que propõem o alcance da capacidade operacional total usando o BIM em projetos da construção civil. Nessa fase, o foco se dá em atingir considerável redução em custos e otimização de tempo com o uso do BIM 4D (agendamento) e 5D (custo) que são originados dos projetos modelados.

A quinta e última fase é a de inovação que tem a premissa de identificar tecnologias não muito conhecidas e processos que alavanquem investimentos em BIM. Essa ação proporcionará a possibilidade de melhorar a qualidade dos modelos gerados e redução de custos e tempo de construção.

Entretanto, o uso do BIM não possui somente escalas de maturidade, mas também níveis de proficiências (NPBIM), sugeridos por Barison e Santos (2011). De acordo com os mesmos autores, o NPBIM é constituído por três níveis que são: o introdutório, intermediário e o avançado. A cada nível, os estudantes participantes são apresentados a um grupo de características que expõem a natureza do projeto BIM (BARISON; SANTOS, 2014).

No nível introdutório, Barison e Santos (2011) inferem que, o alvo é apreender as ferramentas BIM para adquirir conhecimento do conceito dessa modelagem, para descobrir conceitos básicos e compreender como variados tipos de informações se comunicam. Ainda, as ferramentas BIM podem ser ensinadas por meio de aulas e *workshops*. Os alunos para absorverem esses ensinamentos, podem resolver problemas-soluções e realizarem tarefas individuais que estimulem a prática das ferramentas BIM mostradas (BARISON; SANTOS, 2011).

No nível intermediário, os autores relatam que o objetivo dessa fase é desenvolver algumas habilidades que o analista do BIM já possui e fortalecer as habilidades de um modelador BIM. Barison e Santos (2010b), compreendem que alguns pré-requisitos são exigidos dos estudantes como: saber fundamentos de modelagem, conceitos sobre o BIM e ter experiência com pelo menos uma ferramenta BIM. O propósito é adquirir conhecimento sobre outros recursos e técnicas avançadas em modelagem 3D, aprender sobre sistemas de uma construção e estudar as propriedades das famílias em uma ferramenta BIM (BARISON; SANTOS, 2011 *apud* BARISON; SANTOS 2010b, BROWN; PEÑA; FOLAN, 2009).

Barison e Santos (2011) sugerem que o BIM nessa fase seja trabalhado com os estudantes de forma ativa em que esses iriam desenvolver um projeto em grupo no qual cada participante tem um papel específico. Nessa situação, a rotação dos papéis é indicada, devido a essa ação estimular a aprendizagem coletiva impossibilitando que o aluno domine uma área em particular.

Já no nível avançado, Barison e Santos (2011) compreendem que o objetivo nessa fase é desenvolver algumas habilidades em gerenciamento BIM. Para Barison e Santos (2010b), os alunos devem possuir conhecimento em tecnologia das construções, prática profissional, materiais de construção, métodos de construção e saber utilizar as principais ferramentas BIM. O aprendizado de técnicas e processos associados como interoperabilidade, conceitos e ferramentas para gerenciamento BIM, trabalho em equipe são o alvo dessa fase (BARISON; SANTOS, 2010b; MCCUEM; FITHIAN, 2010).

Para o processo de ensino, o uso de um projeto durante a graduação é sugerido. Os discentes desenvolvem um projeto utilizando ferramentas BIM e trabalham em grupos, entretanto essas equipes são formadas com estudante de outros programas. Para a formação dessas, os alunos escolhem os integrantes com base em suas preferências e habilidades. O papel dos docentes participantes nessa ação é de auxiliar os estudantes nesse procedimento (HYATT, 2011, BARISON; SANTOS, 2010b; MCCUEN; FITHIAN, 2010; DEDERICHS; KALSHOJ; HERTZ, 2011; STARZYK; MCDONALD, 2010).

Tendo em vista as teorias citadas, pode-se visualizar que o BIM é uma ferramenta de ensino aprendizagem e que pode ser inserida em disciplinas curriculares de forma a trazer um contexto mais realista e aplicável as ementas estudadas. Todos esses conteúdos possuem um padrão em que o discente de ferramentas BIM é o ponto a ser avaliado.

O interesse no aprendizado dessa modelagem para esses autores é de que o aprendiz do BIM domine e consiga aplicar esses conceitos em situações cotidianas que tragam avanços tecnológicos no ambiente da Construção Civil. Dessa forma, o estudo que foi feito para relacionar as concepções BIM com os fatores acadêmicos pertinentes ao ensino de assuntos da Engenharia Civil visa expor como essa modelagem pode ser uma ferramenta importante de ensino ativo.

2.2.1 Estudos de caso em contexto real da utilização do BIM em projetos.

A fim de contextualizar o uso do BIM em projetos reais, Eastman et al. (2021) aborda alguns estudos de caso, dois desses são: o projeto da Hyundai Motorstudio Goyang, na Coreia do Sul e o projeto do Hospital Saint Joseph, Denver, nos Estados Unidos.

A construção da Hyundai Motorstudio Goyang, de acordo com o autor, teve seu início no ano de 2013, foi finalizada em 2016 e é um edifício multifuncional usado especialmente para salões de exposição de produtos automobilísticos. A estrutura do projeto é de aço, com uma megaestrutura de treliça e painéis externos de forma livre. Além disso, o projeto arquitetônico possui formas geométricas irregulares, o que trouxe para a equipe a dificuldade de aproveitamento de espaço nos projetos de interiores e exteriores entre as etapas de projeto e construção. Na fase de construção, muitas solicitações de alterações ocorreram. Sendo assim, o BIM possuiu grande função na solução das adversidades causadas pelas constantes mudanças de projeto (EASTMAN *et al.*, 2021).

Devido a grandiosidade do projeto, construir o espaço mais atraente de exibição de automóveis do mundo, o BIM foi uma ferramenta importante. Para que o proprietário da edificação obtivesse as análises dos desenvolvimentos dos detalhes e os programas espaciais mais usados e em maior detalhe, se utilizou um processo de coordenação de projetos apoiado no BIM que visava melhorar a coordenação e gerenciamento das mudanças feitas. Ademais, o BIM foi usado nas modelagens paramétricas dos painéis (painelização) das fachadas e no detalhamento dos painéis externos padronizados em forma livre (EASTMAN *et al.*, 2021).

Já com relação ao projeto do Hospital Saint Joseph, Eastman *et al.* (2021) infere que esse empreendimento é um modelo para o futuro da saúde e possui 77.233m² de área bruta. Dois dos grandes desafios para essa obra foram o fato de a construção do novo hospital ser em uma área urbana densa e que a construção desse grande projeto seria feita em 30 meses. Para garantir a adesão das diretrizes orientadoras do projeto para que utilizassem uma abordagem de entrega integrada, todas as partes envolvidas no processo, assinaram um acordo de colaboração.

Dessa forma, essa ação auxiliou a instituir os fundamentos do Plano de Execução BIM e deu base para as capacidades de produção concorrentes que determinaram que as tomadas de decisões do projeto deveriam acontecer muito antes

do que seria em um processo linear típico. Esse Plano garantiu que as equipes de projeto e construção retificassem os projetos de acordo com as alterações realizadas e as solicitações de Informações eram requeridas pelos contratos com o proprietário. Além disso, com o longo planejamento de execução do BIM, adversidades com interoperabilidade não ocorreram (EASTMAN *et al.*, 2021).

2.3 BIM como ferramenta de ensino

2.3.1 BIM no contexto de ensino-aprendizagem

Barison e Santos (2011) relatam que o ensino das ferramentas BIM teve início no ano de 2003 em muitas universidades internacionais, entretanto foi entre 2006 e 2009 que foi mais difundida a inserção do BIM nos cursos das áreas de construção civil. Esse acontecimento se atrelou com táticas e enfoques conectados ao nível de competências que o discente necessita obter para realizar as atividades profissionais requeridas (PEREIRA; RIBEIRO, 2015).

Considerando isso, matrizes curriculares com o uso do BIM como ferramenta de ensino-aprendizagem podem proporcionar ao egresso dos cursos da área maior conhecimento demandado do mercado de trabalho (WOO, 2006). Ainda, o autor compreende que o BIM poderia ser implementado nas disciplinas já ofertadas nas instituições de ensino ao invés de ser lecionado em cursos isolados.

Checucci e Amorim (2014) entendem que é necessário a introdução do BIM na metodologia de ensino-aprendizagem das instituições de ensino o adequando com o cenário específico dos cursos, levando em conta os recursos disponíveis e o que se deseja almejar. Além disso essa adesão deve ser planejada de forma que contenha as fases e prazos estabelecidos. Dessa maneira, Checucci (2014) identifica alguns fatores a se atentar, esses são: as adversidades que podem surgir, como por exemplo, a falta de infraestrutura e de docentes; qual o nível de proficiência em BIM que a instituição de ensino tem interesse em que o discente obtenha; o enfoque que se dará com relação a modelagem BIM, como por exemplo, qual fase do ciclo de vida da construção será trabalhado; o planejamento de disposição do currículo do curso; qual metodologia de ensino-aprendizagem será utilizada; como será medido o nível de absorção dos conhecimento pelos estudantes; entre outros.

Os autores ainda relatam que analisando a organização curricular pode-se apontar duas maneiras mais utilizadas que são: implementar uma ou mais disciplinas específicas sobre BIM ou inserir essa ferramenta em disciplinas atuais da grade curricular incorporadas aos conteúdos já ministrados nos cursos. Considerando a primeira maneira, possivelmente seria necessário o aumento da carga horária dos discentes e docentes e o conteúdo sobre BIM ministrado nessas disciplinas seria limitado, uma vez que em cursos da área da construção civil dificilmente seria adicionado na grade curricular mais do que duas disciplinas para discutir sobre o tema, o que geraria um desenvolvimento introdutório sobre a modelagem (CHECCUCI; AMORIM, 2014).

Avaliando a possibilidade de integração da ferramenta BIM em variadas disciplinas durante o curso de graduação pode-se perceber desvantagens. A mais notória é o fato de que uma grande porcentagem dos docentes envolvidos no processo necessita possuir sabedoria o bastante sobre o tema para conseguir desenvolvê-lo dentro do contexto desejado garantindo que a aprendizagem não seja segmentada e pouco significativa (CHECCUCI; AMORIM, 2014). Com relação às vantagens, os alunos poderão ter uma aprendizagem maior, dado que iram trabalhar com o BIM em diferentes situações, perspectivas, utilização e em várias áreas de sua formação (CHECCUCI; AMORIM, 2014).

2.3.2 Estratégias de inserção do BIM no currículo de graduação e método de análise de componentes curriculares.

Barison (2015) infere que quatro estratégias de inserção do BIM no currículo de graduação podem ser utilizadas e essas são: (1) dialogar com pessoas que trabalham com a construção civil com o intuito de obter indicações de conteúdo a serem abordados, avaliação e além disso, aprovação das proposições; (2) dialogar com discentes e docentes com o objetivo de captar as percepções desses sobre o BIM; (3) estudar ementas de disciplinas BIM de instituições de ensino; (4) elaborar uma relação de competências BIM.

Após executar as análises iniciais, Barison (2015) indica que ainda existem outras três etapas que são: (1) identificar as disciplinas da grade curricular que o BIM

poderia ser inserido, tal qual estruturar novas disciplinas; (2) estabelecer os propósitos da implementação de BIM na disciplina e (3) determinar o NPBIM da disciplina.

Tendo isso em vista, a adoção integrada do BIM é um fator a ser considerado. Checcuci e Amorim (2014) desenvolveram um método de análise dos componentes curriculares que visa indicar as disciplinas que mais se encaixam com a adoção do BIM como ferramenta de ensino-aprendizagem. Esse é dividido em quatro grupos que são: No primeiro grupo, é necessário analisar se o componente curricular estudado possui relação com o BIM. Para isso, pode-se classificar em: (1) o componente não possui relação com o BIM; (2) existe a possibilidade de haver relação dependendo do enfoque que o docente determina para a disciplina; (3) a disciplina possui relação com o paradigma BIM independente do enfoque dado.

O segundo grupo se identifica por ponderar se os seguintes conteúdos da modelagem BIM obtendo a possibilidade de serem implementados nas disciplinas, esses são:

(1) ciclo de vida da edificação; (2) colaboração; (3) interoperabilidade; (4) coordenação do processo de modelagem; (5) modelagem geométrica tridimensional; (6) parametrização; (7) orientação a objetos; (8) semântica do modelo; (9) visualização do modelo; (10) simulação e análise numéricas (CHECCUCI; AMORIM, 2014, p. 8).

O terceiro grupo define quais fases do ciclo de vida de uma construção podem ser abordadas. São essas: “(1) estudo de viabilidade; (2) projeção; (3) planejamento da construção; (4) construção; (5) uso, que envolve a operação e a manutenção, e (6) demolição ou requalificação” (CHECCUCI; AMORIN, 2014, p. 8).

O quarto grupo desenvolve com maiores detalhes a fase de projeto detectando se as disciplinas de projeto a seguir detém relação com o componente curricular analisado. Essas etapas são: “(1) arquitetura; (2) estrutura; (3) elétrica; (4) hidráulica; (5) ar condicionado, e (6) outras disciplinas” (CHECCUCI; AMORIM, 2014, p. 8).

2.3.3 Estudo de caso

Checcucci e Amorim (2014) realizaram a análise de todos os componentes curriculares do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) que são dispostos em 10 semestres e as disciplinas

divididas em 3 núcleos de conteúdo e 1 núcleo de atividades (UNIVASF - Colegiado de Engenharia Civil, 2012): (a) o núcleo de conteúdos básicos tem o objetivo de oferecer a base essencial para que o aluno elabore seu aprendizado, (b) o núcleo de conteúdos profissionais essenciais tem o objetivo de gerar a personalidade do profissional, tratando sobre as atribuições, obrigações e responsabilidades do engenheiro civil. (c) o núcleo de conteúdos profissionais específicos tem o objetivo de ir além do que é abordado nos outros conteúdos podendo, quando necessário, explorar às especificidades locais e regionais (CHECCUCCI; AMORIM, 2014).

Depois de analisada cada disciplina, Checcucci e Amorim (2014) indicam que utilizando o método de análise dos componentes curriculares pode ser apontado quais disciplinas possuem relação com o BIM; quando durante o curso o tema será melhor abordado e debatido; e se há a exigência da concepção de outros componentes curriculares que abordem certos assuntos sobre o BIM.

Dessa forma foi identificado que no núcleo de conteúdo básico existem sete disciplinas em que é viável implementar algum assunto do BIM, mesmo que em suas ementas não seja óbvia a relação com a ferramenta, outras 4 disciplinas desse núcleo proporcionam diálogo factual com a modelagem em que se pode desenvolver os essenciais conceitos sobre o BIM e a relação entre o BIM e projeto (CHECCUCCI; AMORIM, 2014).

Já no núcleo profissional essencial, percebeu-se que aproximadamente metade dos componentes curriculares obtém relação direta com o BIM em que se é englobado várias das suas perspectivas. Juntando os núcleos básico e profissional essencial, das cinquenta e nove disciplinas, vinte e oito possuem relação factual com o BIM e somente quinze das disciplinas desses núcleos possuem relação direta com a modelagem (CHECCUCCI; AMORIM, 2014).

Das disciplinas estudadas, 24 obtém a possibilidade de desenvolver sobre alguma etapa do ciclo de vida de uma construção, em dezesseis dessas se pode elaborar um projeto de um imóvel. Com relação ao núcleo básico, quatro disciplinas podem trabalhar com as fases de uso/manutenção e demolição ou requalificação de uma construção (CHECCUCCI; AMORIM, 2014).

Dessa forma, Checcucci e Amorim (2014) apontam que esses componentes curriculares dispostos anteriormente são os que possibilitariam a integração da ferramenta BIM trabalhando as fases finais do ciclo de vida de uma construção, embora não sendo desenvolvidas de forma profunda. Isso se explica pelo fato de as

ementas curriculares serem muito abrangentes e sem enfoque particular na modelagem. Ainda, as disciplinas optativas conseguem conter relação com o BIM conforme a perspectiva dada ao conteúdo tratado nessas. A concepção de um componente curricular optativo com o foco no BIM é válida, em virtude de que essa ação é capaz de ter o objetivo de desenvolver o tema de forma aprofundada (CHECCUCCI; AMORIM, 2014).

Como conclusão, Checcucci e Amorim (2014) indicam que todos os cenários de utilização do BIM dificilmente serão compreendidos em um único trajeto educacional de graduação independente em qual curso da área da construção civil. Uma das ações iniciais que pode ser tomada é identificar a possibilidade de integrar o tema BIM na matriz curricular existente, já que seria uma interferência mais simples, sendo que não precisamente seria necessário mudar o currículo já utilizado. Ademais, alguns aspectos dos métodos de ensino-aprendizagem frequentemente utilizados nos cursos de graduação da área da construção civil irão sofrer variações como o progresso da autonomia do discente, seu potencial em trabalhar em equipes, gestão, iniciativa, entre outras competências exigidas de um profissional usuário do BIM (CHECCUCCI; AMORIM, 2014).

Identificou-se que nos primeiros períodos da graduação, nos componentes básicos, tem-se a viabilidade de inserção da modelagem. No geral, as fases do ciclo de vida de uma edificação podem ser incorporadas em várias disciplinas da grade curricular já existente, entretanto faltam disciplinas que tratem singularmente de fases de uso/manutenção e demolição ou requalificação (CHECCUCCI; AMORIM, 2014).

Os autores apontam que a inserção da modelagem BIM está acontecendo, mas que ainda levará tempo para se ter uma concreta adesão e fortalecimento dessa ferramenta nos cursos da área da construção civil. Apesar disso, a adoção do BIM por esses cursos é viável e deve acontecer de forma gradual (CHECCUCCI; AMORIM, 2014).

3 METODOLOGIA

O seguinte trabalho de conclusão de curso tem como objetivo analisar a contribuição do BIM para o desenvolvimento das competências do engenheiro: um estudo de caso do curso de Engenharia Civil da UTFPR *Campus* Pato Branco. Para isso, foi realizada a relação entre as categorias de análise dessa ferramenta com as competências do engenheiro, além disso, foram indicadas as oportunidades de utilização do BIM no curso estudado.

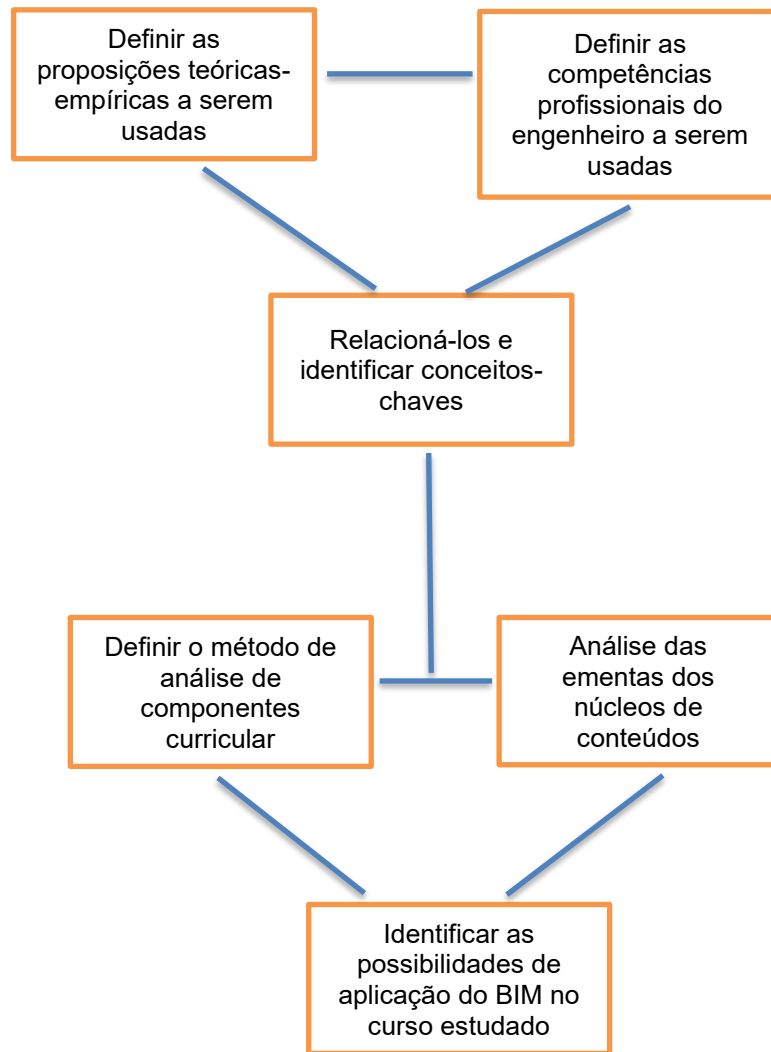
Com o intuito de delinear a proposta metodológica do estudo, classifica-se este trabalho como uma pesquisa qualitativa. Richardson (2017) indica que um estudo qualitativo é uma forma de investigar e compreender o sentido que as pessoas conferem a um fenômeno ou objeto de estudo social. Neste caso o objeto de estudo é o BIM, entendido aqui como uma prática profissional. O campo de estudo será o curso de graduação em Engenharia Civil da UTFPR de Pato Branco. A análise se concentra nos registros das ferramentas e processos de ensino, pesquisa e extensão do curso.

A pesquisa classifica-se também como descritiva, isso porque, ela detalha as possíveis relações encontradas entre o BIM e as competências do graduado em Engenharia Civil. Além disso, o estudo ocorre a partir de uma base teórica prévia (LOZADA; NUNES, 2019).

Além de qualitativa e descritiva, esta pesquisa adota a abordagem do estudo de caso, visando uma investigação aprofundada do contexto escolhido que possibilite seu abrangente e específico entendimento.

As técnicas ou métodos de coleta e análise dos dados para responder a cada um dos objetivos desse estudo em etapas de pesquisa são descritos a seguir, para cada objetivo específico (GIL, 2022).

Figura 2: Fluxograma das etapas do estudo



Fonte: Autoria própria (2022).

3.1 Relacionar as proposições teórico-empíricas do BIM com as competências profissionais do engenheiro.

Para o primeiro objetivo da seguinte pesquisa, isto é, definir categorias de análise, foi realizada revisão documental em que se analisaram os seguintes arquivos: O livro *Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos* de Eastman, C. et al (2021), o relatório final *National Building Information Modeling Standard™ Version 1 - Part 1: Overview, Principles, and Methodologies* da *National Institute of Building Sciences* realizado pelo *National Institute of Building Sciences* (2007), o artigo *Building Information Modelling Framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders* de Succar (2009), o relatório *The US*

Army Corps of Engineers Roadmap for Life-Cycle Building Information Modeling (BIM) de USACE (2012) e o artigo *Bim Teaching: Current International Trends* de Barison e Santos (2011).

A partir dessa revisão, foram escolhidas duas propostas de métodos para estudar o uso do BIM no campo pesquisado: os níveis de proficiência em BIM (NPBIM) de Barison e Santos (2011) e as escalas de maturidade do BIM de Succar (2009). Nessas ferramentas foram identificados conceitos chaves ou as categorias de análise que permitem orientar o relacionamento teórico com as categorias das competências profissionais.

Dos níveis de proficiência em BIM (NPBIM) de Barison e Santos (2011) foram identificados os seguintes conceitos chaves:

- Introdução a ferramentas BIM: Obter a iniciação à metodologia BIM, para descobrir conceitos básicos e compreender como variados tipos de informações se comunicam (BARISON; SANTOS, 2011);
- Sistemas de uma construção, modelagem 3D e propriedades de uma ferramenta BIM: Adquirir conhecimento sobre outros recursos e técnicas avançadas em modelagem 3D, aprender sobre sistemas de uma construção e estudar as propriedades das famílias em uma ferramenta BIM (BARISON; SANTOS, 2011 *apud* BARISON; SANTOS 2010b, BROWN; PEÑA; FOLAN, 2009);
- Ensino Ativo e Cooperatividade em equipe: Aprender técnicas e processos associados como interoperabilidade, conceitos e ferramentas para gerenciamento BIM, trabalho em equipe produzindo projetos construtivos com a ferramenta BIM (BARISON; SANTOS, 2010b; MCCUEM; FITHIAN, 2010).
- Habilidades em gerenciamento BIM e Multidisciplinariedade: Possuir conhecimento em tecnologia das construções, prática profissional, materiais de construção, métodos de construção e saber utilizar as principais ferramentas BIM (BARISON; SANTOS, 2011).

Das escalas de maturidade do BIM de Succar (2009), foram identificadas as seguintes categorias de análise:

- Modelagem paramétrica em 3D e ciclo de vida de um projeto: Desenvolver modelos com uma disciplina de projeto e detém-se a uma característica do

processo podendo ser essa a concepção, construção ou operação que são as três partes do ciclo de vida de um projeto (SUCCAR, 2009);

- Colaboração: Desenvolver modelos multidisciplinares envolvendo uma ou duas fases do ciclo de vida do projeto melhorando a interoperabilidade entre os agentes inclusos (SUCCAR, 2009);
- Multidisciplinariedade: Modelo é concebido de forma compartilhada e colaborativa em todo o seu processo, ou seja, abrange todas as três partes do ciclo de vida de um projeto e a multidisciplinariedade da área da construção civil (SUCCAR, 2009).

Dessa maneira, foi analisada as similitudes e diferenças entre essas duas teorias e gerado conceitos chaves que os associam, isso pode ser observado no quadro a seguir:

Quadro 1: Níveis de análise das características BIM

Níveis de análise das características BIM	Conceito - chave do SUCCAR (2009)	Conceito - chave do BARISON; SANTOS (2011)
Nível Básico	Modelagem paramétrica em 3D e ciclo de vida de um projeto	Introdução à ferramentas BIM Sistemas de uma construção, modelagem 3D e propriedades de uma ferramenta BIM
Nível Intermediário	Colaboração e interoperabilidade	Ensino Ativo, Cooperatividade em equipe e interoperabilidade
Nível Avançado	Multidisciplinariedade	Habilidades em gerenciamento BIM e Multidisciplinariedade

Fonte: Adaptado de Succar (2009) e Barison e Santos (2011)

Já para as competências profissionais do engenheiro, foi feita a avaliação das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) do curso de Engenharia Civil e do Projeto Pedagógico do curso de graduação em Engenharia (PPC) e decidiu-se focar nas competências profissionais exigidas do egresso do curso, pois são os fatores propostos a serem analisado por essa pesquisa.

Sendo assim, as competências do egresso constantes nas DCNs, de acordo com o Ministério da Educação (2019) são:

- Vasta formação técnica, criativo e colaborativo;
- Usar inovações tecnológicas para inovar e empreender;
- Ser decisivo em problemáticas relacionadas com a engenharia;

- Capacidade de ter pontos de vista multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática;
- Ter em mente circunstâncias cotidianas como política, social, ambiental;
- Ser imparcial, comprometido e responsável socialmente e sustentável.

Tendo em vista o PPC do curso estudado (UTFPR, 2022), as competências esperadas do egresso, seguindo as DCNs do Ministério da Educação, 2019, são:

- Solucionar problemas de Engenharia Civil, compreendendo o contexto;
- Entender fenômenos físicos e químicos;
- Conceber projetos e ponderar sistemas, produtos, componentes ou processos;
- Inserir, supervisionar e vistoriar soluções de Engenharia;
- Comunicação eficiente de forma escrita, oral e gráfica;
- Trabalhar e ou conduzir equipes multidisciplinares situações variadas;
- Compreender e usar com ética a legislação quando em exercício profissional;
- Gerenciar situações e contextos complexos, estudando os novos avanços científicos e da tecnologia.

Dessa maneira, foi analisada as similitudes e diferenças dessas competências profissionais e gerado conceitos chaves que os associam. Isso pode ser observado no quadro de associação a seguir.

Quadro 2: Conceitos-chaves das DCNs e PPC

Conceitos-chaves	DCNs	PPC
Viabilidade técnica, criatividade e colaboração multidisciplinar	Vasta formação técnica, criativo e colaborativo Capacidade de ter pontos de vista multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática	Conceber projetos e ponderar sistemas, produtos, componentes ou processos Inserir, supervisionar e vistoriar soluções de Engenharia Trabalhar e ou conduzir equipes multidisciplinares em situações variadas
Inovação	Usar inovações tecnológicas para inovar e empreender	Gerenciar situações e contextos complexos, estudando os novos avanços científicos e da tecnologia
Resolutividade	Ser decisivo em problemáticas relacionadas com a engenharia	Solucionar problemas de Engenharia Civil compreendendo o contexto
Entendimento de áreas afins	Ter em mente circunstâncias cotidianas como política, social, ambiental	Compreender e usar com ética a legislação quando em exercício profissional

	Ser imparcial, comprometido e responsável socialmente e sustentável	Entender fenômenos físicos e químicos
--	---	---------------------------------------

Fonte: Adaptado de Ministério da Educação (2019) e Núcleo Docente Estruturante do Curso Superior em Engenharia Civil (2022)

3.2 Identificar as possibilidades de aplicação do BIM no curso estudado

Para responder o seguinte objetivo específico, foi realizada uma revisão da literatura para identificar um método que pudesse ser utilizado para a análise de componentes curriculares. Após isso, foi percebido que o Método de Análise de Componentes Curriculares de Checcuci e Amorim (2014) é um dos mais difundidos entre pesquisas realizadas após o ano de 2014 para identificar as disciplinas de um curso de graduação que podem inserir o BIM como ferramenta de ensino aprendizagem. Esse contempla os conteúdos BIM e se divide em quatro grupos de avaliação, mas na referente pesquisa utilizou-se de dois, esses são:

Grupo 1: Identificar se a disciplina analisada possui relação com o BIM, para isso pode-se classificar em: o componente não possui relação com o BIM; existe a possibilidade de haver relação dependendo do enfoque que o docente determina para a disciplina; a disciplina possui relação com a modelagem BIM independente do enfoque dado.

A identificação da relação com o BIM foi realizada a partir da revisão da ementa e conteúdos programáticos de cada disciplina estudada, verificando se os conhecimentos apresentados possuem relação com as características do BIM.

Grupo 2: Observar se os conteúdos da modelagem BIM a seguir podem ser implementados nas disciplinas:

Quadro 3: Conteúdos BIM e seus respectivos códigos

Código	Conteúdos BIM
G21	Ciclo de vida da edificação
G22	Colaboração
G23	Interoperabilidade
G24	Coordenação do processo de modelagem
G25	Modelagem geométrica tridimensional
G26	Parametrização
G27	Orientação a objetos
G28	Semântica do modelo
G29	Visualização do modelo
G210	Simulação e análise numéricas
NP	Não possui conteúdo BIM que pode ser abordado

Fonte: Adaptado de Checcuci e Amorim, 2014.

Para realizar esta observação, foram revisadas as ementas e conteúdos programáticos das disciplinas, identificando palavras-chaves que relacionassem a disciplina aos conteúdos BIM propostos no Quadro 3.

Pelo Projeto Pedagógico do curso de graduação em Engenharia (PPC) da Universidade Tecnológica Federal ter sido homologado em 2022 e ter início de vigência em 2023, não será possível usar como referência os planos de aula do curso estudado, em razão de que somente as disciplinas do primeiro semestre possuem planos de aula condizentes com o novo PPC. Dessa forma, foram usados para análise os grupos 1 e 2 do método de Checcuci e Amorim (2014). Além disso, os termos utilizados no grupo 1 pelos autores do método utilizado foram simplificados afim de melhor adequação com os termos utilizados nessa pesquisa.

Ainda, para analisar o curso estudado utilizou-se o PPC do curso que possui as ementas dos Núcleos de Conteúdos Básicos, Conteúdos Profissionalizantes, Conteúdos Complementares e Práticos. Com relação ao Núcleo de Conteúdos Básicos, percebe-se que esse possui o objetivo de inserir o aluno nos alicerces de fundamentos básicos para a graduação profissional (UTFPR,2022). Os conteúdos abordados são: Metodologia Científica e Tecnológica (disciplinas de Metodologia de Pesquisa, Leitura e produção de gêneros acadêmicos e Projeto Integrador); Algoritmos, Programação e Informática (disciplina de Algoritmos e Programação); Expressão Gráfica (disciplina de Expressão Gráfica); Matemática (disciplinas de Pré-cálculo, Cálculo Diferencial e Integral 1; Cálculo Diferencial e Integral 2; Geometria Analítica; Álgebra Linear e Cálculo Numérico); Estatística (disciplina de Probabilidade e Estatística); Física (disciplinas de Física Teórica 1; Física Teórica 2 e Física

Experimental A); Fenômenos de Transporte (disciplinas de Mecânica dos Fluidos 1 e Mecânica dos Fluidos 2); Mecânica dos Sólidos (disciplinas de Resistência dos Materiais 1 e Resistência dos Materiais 2); Eletricidade (disciplinas de Física Experimental B); Química (disciplina de Química); Ciência dos Materiais (disciplina de Materiais de Construção 1); Administração e Economia (disciplinas de Gestão de Pessoas, Psicologia Aplicada ao Trabalho, Empreendedorismo, Custos); Ciências do Ambiente (disciplinas de Ciências do Ambiente); Desenho Universal (disciplina de Desenho Arquitetônico).

No Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes, o objetivo é trabalhar os ensinamentos e competências mínima precisas para o desempenho profissional Núcleo Docente Estruturante do Curso Superior em Engenharia Civil (2022). Os conteúdos abordados nesse núcleo são: Materiais e Componentes de Construção (disciplinas de Materiais de Construção 2 e Materiais de Construção 3); Hidráulica (disciplinas de Hidráulica, Saneamento Ambiental); Hidrologia (disciplina de Hidrologia), Rodovias (disciplina de Geoprocessamento); Projeto e Construção (disciplinas de Transportes e Projeto Geométrico de Rodovias); Processos Construtivos (disciplinas de Introdução à Engenharia Civil, Topografia, Tecnologia da Construção 1, Tecnologia da Construção 2, Gestão da Segurança do Trabalho na Construção Civil, Projeto Arquitetônico, Especificações e Orçamentos, Gerenciamento de Obras); Instalações Prediais (disciplinas de Instalações Elétricas Prediais e Instalações Hidrossanitárias Prediais); Estruturas de Concreto (disciplinas de Concreto Armado 1 e Concreto Armado 2; Estruturas de Madeiras (disciplina de Estruturas de Madeira); Estruturas Metálicas (disciplinas de Estruturas de Metálicas); Mecânica das Estruturas (disciplinas de Estática, Sistemas Estruturais, Estruturas Isostáticas e Estruturas Hiperestáticas); Fundações e Escavações (disciplina de Dimensionamento de Fundações e Obras de Terra); Mecânica das Rochas (disciplina de Geologia Aplicada à Engenharia); Mecânica dos Solos (disciplina de Mecânica dos Solos); Pavimentos (disciplina de Pavimentação).

No Núcleo Complementar o objetivo é que o discente tenha a possibilidade de aprender fundamentos específicos que o interessa e que o garante de informações para aplicá-las no mercado de trabalho (UTFPR, 2022). Os conteúdos abordados nesse núcleo são:

- Optativas Humanidades: Fundamentos da Ética, História da Técnica e da Tecnologia; História e Cultura Afro-Brasileira; Sociedade e Política no Brasil;

Tecnologia e Sociedade; Envelhecimento Populacional/Demográfico e Desenvolvimento; Filosofia da Ciência e da Tecnologia; Meio Ambiente e Sociedade; Relações Humanas e Liderança, Sociologia do Trabalho; Libras 1; Libras 2; Francês para fins acadêmicos DD1; Francês para fins acadêmicos DD2; Francês para fins acadêmicos DD3; Alongamento; relaxamento e saúde; Esportes Coletivos; Voleibol.

- Optativas Profissionalizantes: Canalização de Tráfego; Concreto Protendido; Construções Sustentáveis; Estruturas de Edifícios; Fundamentos Jurídicos na Engenharia Civil; Gerência de Pavimentos; Gestão Ambiental Aplicada à Engenharia Civil; Manutenção Predial e Patologia das Estruturas de Concreto Armado; Método dos Elementos Finitos para Mecânica Estrutural; Projeto de Sistemas de Drenagem Urbana; Qualidade na Construção Civil; Segurança Viária; Sistemas Produtivos; Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana.

No núcleo Prático, os conteúdos abordados nesse núcleo são: Trabalho de Conclusão de Curso 1 (TCC 1), Trabalho de Conclusão de Curso 2 (TCC 2) e Estágio Curricular Obrigatório.

Para identificar as possibilidades do uso do BIM no curso estudado foi necessário analisar as ementas das disciplinas englobadas em cada núcleo e aplicar o método de análise de componentes curriculares de Checcuci e Amorim (2014). Essa ação possibilitou observar quantas disciplinas serão aptas a inserir o BIM, qual conteúdo do BIM será trabalhado e em que nível de profundidade. Somente o núcleo prático não foi estudado, pois é o discente que escolhe o tema a ser tratado nessas disciplinas.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesse capítulo serão apresentadas as análises dos dados coletados a partir da metodologia proposta, visando responder aos objetivos da pesquisa.

4.1 Relação das proposições teórico-empíricas do BIM com as competências profissionais do engenheiro.

Para relacionar as características do BIM com as competências profissionais do engenheiro, foram analisadas as escalas de maturidade do BIM de Succar (2009) e os níveis de proficiência de Barison e Santos (2011) e observados os níveis de análise de entendimento das características BIM. Com essas propriedades estabelecidas, fez-se a relação entre esses resultados e os conceitos-chaves originados das comparações das similitudes entre as competências profissionais esperadas do egresso do curso de engenharia civil das DCNs e do PPC. Sendo isso feito, foi possível obter os conceitos-chaves indicados em cada quadrante do quadro a baixo, quadro 4.

Quadro 4: Relação entre os Níveis de análise das características BIM e os conceitos-chaves do perfil do egresso do curso de Engenharia Civil

		Níveis de análise das características BIM		
		Nível Básico	Nível Intermediário	Nível Avançado
Conceitos-chaves adaptados das DCNs e	Viabilidade técnica, Criatividade, colaboração e multidisciplinariedade	A1 – Ciclo de vida de uma edificação	B1 - Colaboração	C1 –Multidisciplinariedade
	Inovação	A2 - Introdução a ferramentas BIM	B2 – Interoperabilidade	C2 - Gerenciamento BIM
	Resolutividade	A3 - Modelagem paramétrica em 3D	B3 - Cooperatividade em equipe	C3 - Habilidades em gerenciamento BIM
	Entendimento de áreas afins	A4 - Uso de conteúdos que não possuem interface direta com a modelagem BIM em situações de uso de ferramentas BIM		

Fonte: Adaptado de Succar (2009) e Barison e Santos (2011), Ministério da Educação (2019) e Núcleo Docente Estruturante do Curso Superior em Engenharia Civil (2022).

O **Nível Básico** de aprendizagem visa a introdução ao BIM. Dessa maneira, se tem para os conceitos-chaves **Viabilidade técnica, criatividade, colaboração e multidisciplinariedade** o conceito-chave **A1** que busca explorar o ciclo de vida de uma edificação.

Para a competência de **Inovação** com relação ao **Nível básico**, obtém-se o conceito-chave **A2**, uma vez que para aplicar as inovações do BIM é necessário o uso de programas BIM como o *Revit*, entre outros.

Com relação ao aspecto **Resolutividade**, o conceito-chave **A3** geralmente é o primeiro a ser introduzido por ser um dos primeiros passos na elaboração de projetos. Tendo isso em vista, situações do uso desse método como o realizado no projeto da construção da Hyundai Motorstudio Goyang (EASTMAN *et al.*, 2021), exemplificam esse fato.

Já no **Nível Intermediário**, a **Colaboração** começa a ser desenvolvida. Tendo sido trabalhado inicialmente o ciclo de vida de um projeto, o próximo passo é introduzir a cooperatividade, pois é imprescindível que o estudante tenha conhecimento técnico para cooperar. Dessa forma, tem-se os conceitos-chaves **B1** para os conceitos-chaves **Viabilidade técnica, criatividade e colaboração multidisciplinar**.

Para o conceito-chave **Inovação**, a colaboração gera efetivas transferências de dados entre sistemas automatizados e ramos de negócios (USACE, 2012). Essa colaboração pode-se entender como **interoperabilidade** que é um conteúdo BIM usado para associar e integrar informações sobre o ciclo de uma edificação. Sendo assim, após a introdução a ferramentas BIM se inicia o processo de **B2**.

Observando a **Cooperação em equipe**, no ponto de vista de Azhar, Hein e Sketo (2008), a colaboração entre projetistas contribui para o crescimento do lucro, redução dos custos, melhora no gerenciamento de tempo e amplia a relação entre cliente e empresa. Dessa maneira, para os conceitos-chaves **Resolutividade no Nível Intermediário** possui-se o conceito-chave **B3**, visto que a cooperação em equipe é necessária para o desenvolvimento de projetos.

Analisando o **Nível Avançado** e os conceitos-chaves **Viabilidade técnica, criatividade, colaboração e multidisciplinariedade**, observar-se o conceito-chave **C1**. Acompanhado do desenvolvimento da colaboração, o próximo passo é inserir a multidisciplinariedade que para National Institute of Building Sciences (2007), é o foco de sua terceira categoria de classificação do BIM.

Para o conceito-chave **Inovação** no **Nível avançado**, tem-se o conceito-chave **C2**. Tendo técnica, conhecimento em ferramentas BIM, criatividade, experiência em cooperação, é possível introduzir o **Gerenciamento BIM**, pois para inovar o estudante precisa ter facilidade em aplicar os conceitos já introduzidos e trabalhados.

Tomando o **Nível Avançado** de **Resolutividade**, verifica-se o conceito-chave **C3** que abrange todo o ciclo de vida de uma edificação. Para National Institute of Building Sciences (2007), o BIM é uma ferramenta para gerenciamento do ciclo de vida das trocas de informações, do método de trabalho, dos processos que a equipe executora usa como um recurso repetível e verificável e do ambiente baseado em informações sustentáveis usadas durante todo o ciclo de vida do projeto realizado (NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES, 2007).

Por fim, o **Entendimento de áreas afins** refere-se ao conceito-chave **A4**, como por exemplo a comunicação entre projetistas quando em situação de colaboração. De acordo, com Checcuci e Amorim (2014) as vantagens do conhecimento de outros conteúdos que não são ligados diretamente às disciplinas BIM são que os alunos possuem a oportunidade de ter uma aprendizagem maior, posto que trabalham com o BIM em diferentes situações, perspectivas, utilizações e em várias áreas de sua formação (CHECCUCI; AMORIM, 2014).

4.2 Identificação das possibilidades de aplicação do BIM no curso estudado

O Objetivo do referente item é de aplicar o Método de Análise de Componentes Curriculares de Checcuci e Amorim (2014) nas disciplinas dos núcleos de ensino Básico, Profissionalizante e Optativas do curso estudado, conforme proposta dos autores descrita no capítulo de metodologia. Para cada núcleo de ensino foram elaborados os quadros de análise das disciplinas com as classificações BIM (Grupo 1) propostas pelos autores. Em seguida, foi elaborado o quadro de conteúdos BIM que podem ser empregados nas disciplinas do curso estudado (Grupo 2).

Para os quadros de análise das disciplinas com as classificações BIM, fez-se a correlação dos conteúdos das ementas das disciplinas analisadas com as características BIM. Sendo assim, se não localizado conteúdos das ementas

correlatas com as características BIM, as disciplinas não possuem relação com as características BIM. Já se encontrada similaridade das características BIM com conteúdos das ementas, entende-se que a relação com as características BIM não é direta e depende do foco dado pelo professor. Ainda, se encontrada correlação das características BIM com os conteúdos das ementas BIM, então as disciplinas possuem interface com as características BIM. Tomando os quadro de conteúdos BIM que podem ser empregados nas disciplinas do curso estudado, foi analisada a correlação das ementas das disciplinas com os conteúdos BIM do método utilizado.

Aplicando o Método de Análise de Componentes Curriculares de Checcuci e Amorim (2014) nas disciplinas do núcleo básico identificou-se que três disciplinas possuem interface direta ou indireta com as características BIM como pode ser visto no quadro a seguir.

Quadro 5: Relação das disciplinas básicas do curso Engenharia Civil da UTFPR campus Pato Branco com as classificações de relação com o BIM do método utilizado

Disciplinas do núcleo básico	Relação entre disciplinas e o BIM
Gestão de Pessoas	Não possui relação com as características BIM
Empreendedorismo	Não possui relação com as características BIM
Psicologia Aplicada ao Trabalho	Não possui relação com as características BIM
Algoritmo e programação	Não possui relação com as características BIM
Custos	Não possui relação com as características BIM
Materiais de construção 1	Não possui relação com as características BIM
Ciências do Ambiente	Não possui relação com as características BIM
Física experimental B	Não possui relação com as características BIM
Probabilidade e Estatística	Não possui relação com as características BIM
Expressão Gráfica	Tem interface com as características BIM
Mecânica do Fluidos 1	Não possui relação com as características BIM
Mecânica do Fluidos 2	Não possui relação com as características BIM
Física Experimental A	Não possui relação com as características BIM
Pré - cálculo	Não possui relação com as características BIM
Geometria Analítica	Não possui relação com as características BIM
Cálculo Diferencial Integral 1	Não possui relação com as características BIM
Álgebra Linear	Não possui relação com as características BIM
Cálculo Diferencial Integral 2	Não possui relação com as características BIM
Cálculo Numérico	Não possui relação com as características BIM

Disciplinas do núcleo básico	Relação entre disciplinas e o BIM
Resistência dos Materiais 1	Não possui relação com as características BIM
Resistência dos Materiais 2	Depende do foco dado pelo professor
Leitura e Produção de Gêneros Acadêmicos	Não possui relação com as características BIM
Metodologia de Pesquisa	Não possui relação com as características BIM
Projeto Integrador	Não possui relação com as características BIM
Química	Não possui relação com as características BIM
Desenho Arquitetônico	Tem interface com as características BIM
Física Teórica 1	Não possui relação com as características BIM
Física Teórica 2	Não possui relação com as características BIM

Fonte: Análise baseada no PPC do curso estudado (UTFPR, 2022) e no modelo de Checcuci e Amorin (2014)

Analisando as ementas de cada componente curricular do núcleo básico percebeu-se que vinte e quatro dessas possuem conteúdo muito específico que não obtém relação com as características do BIM, portanto dificilmente poderão ser estudadas com a utilização de conteúdos BIM. Um exemplo disso são as disciplinas de cálculo que tratam de conceitos básicos de matemática. Comparando esse fato com as características da modelagem BIM, nota-se que esses não possuem compatibilidade. Sendo assim, não é possível utilizar programas desse conceito tecnológico em disciplinas de conteúdo específico básico matemático. Isso pode ser aplicado para as demais disciplinas que não possuem relação com o BIM.

As disciplinas marcadas em cinza claro possuem interface indireta com o BIM, pois dependem do foco dado pelos docentes que ministram essas disciplinas. O componente curricular Resistência dos materiais 2 pode tratar algum conteúdo BIM mesmo não tendo relação direta com esses.

Já as disciplinas marcadas em cinza escuro possuem interface direta com a modelagem BIM independente do foco dado pelo professor, pois é de fácil percepção que as ementas dessas disciplinas abordam os conteúdos BIM. Essas disciplinas são: Expressão gráfica e Desenho arquitetônico.

Com relação aos conteúdos BIM que podem ser empregados nas disciplinas do curso estudado, verifica-se o quadro a seguir com os conteúdos-chaves que constam nas ementas do PCC do curso estudado e as disciplinas do núcleo básico. Por meio desses fatores, foi possível observar que somente três disciplinas do núcleo

básico possuem conteúdos-chaves que podem contemplar os conteúdos BIM citados por Checcuci e Amorin (2014).

Quadro 6: Conteúdos BIM abordados pelo método utilizado que podem ser empregados nas disciplinas do núcleo básico.

Disciplinas do núcleo básico	Conteúdos-chaves das ementas das disciplinas do curso estudado	Conteúdos BIM que podem ser abordados
Empreendedorismo	-	NP
Gestão de pessoas	-	NP
Custos	-	NP
Algoritmo e programação	-	NP
Materiais de construção 1	-	NP
Ciências do Ambiente	-	NP
Expressão Gráfica	Representação de objetos e formas da construção	G25 e G26
Resistência dos Materiais 1	-	NP
Resistência dos Materiais 2	Análise do comportamento estrutural de estruturas	G210
Desenho Arquitetônico	Desenhos e textos essenciais a um projeto arquitetônico	G25, G26 e G29
Psicologia Aplicada ao Trabalho	-	NP
Física experimental B	-	NP
Probabilidade e Estatística	-	NP
Mecânica do Fluidos 1	-	NP
Mecânica do Fluidos 2	-	NP
Física Experimental A	-	NP
Pré - cálculo	-	NP
Geometria Analítica	-	NP
Cálculo Diferencial Integral 1	-	NP
Álgebra Linear	-	NP
Cálculo Diferencial Integral 2	-	NP
Cálculo Numérico	-	NP
Leitura e Produção de Gêneros Acadêmicos	-	NP
Metodologia de Pesquisa	-	NP
Projeto Integrador	-	NP
Química	-	NP

Disciplinas do núcleo básico	Conteúdos-chaves das ementas das disciplinas do curso estudado	Conteúdos BIM que podem ser abordados
Física Teórica 1	-	NP
Física Teórica 2	-	NP

Fonte: Análise baseada no PPC do curso estudado (UTFPR, 2022) e no modelo de Checcuci e Amorin (2014)

No quadro anterior é possível notar que vinte cinco disciplinas do núcleo básico não abordam conteúdos BIM, isso se deve ao fato de que os conteúdos chaves das ementas analisadas não tratam dos conteúdos BIM citados por Checcuci e Amorin (2014). Com relação as disciplinas que podem abordar conteúdos BIM, se obtém a disciplina de Expressão Gráfica que tem como conteúdo a representação de objetos e formas da construção, dessa forma os conteúdos **G25 (Modelagem geométrica tridimensional)** e **G26 (Parametrização)** podem ser abordados. Já a disciplina de Resistência dos Materiais 2, dependendo do foco dado pelo professor, pode abordar o conteúdo **G210 (Simulação e Análise numérica)** por meio de programas BIM que façam a análise do comportamento estrutural de estruturas usando de métodos como o de elementos finitos por exemplo. A disciplina de Desenho Arquitetônico tem como conteúdo-chave a elaboração de desenhos e textos essenciais a um projeto arquitetônico. Sendo assim, os conteúdos BIM que podem ser abordados são os **G25 (Modelagem geométrica tridimensional)**, **G26 (Parametrização)** e **G29 (Visualização do modelo)**.

Analisando as disciplinas do núcleo profissionalizante, seguindo a mesma métrica de análise do núcleo básico, tem-se o quadro a seguir.

Quadro 7: Relação das disciplinas profissionalizantes do curso Engenharia Civil da UTFPR campus Pato Branco com as classificações de relação com o BIM do método utilizado

Disciplinas do núcleo profissionalizante	Relação entre disciplinas e o BIM
Materiais de Construção 2	Não possui relação com as características BIM
Materiais de Construção 3	Não possui relação com as características BIM
Introdução à Engenharia Civil	Depende do foco dado pelo professor
Topografia	Depende do foco dado pelo professor
Tecnologia da Construção 1	Tem interface com as características BIM
Tecnologia da Construção 2	Tem interface com as características BIM
Gestão de Segurança do Trabalho na Construção Civil	Não possui relação com as características BIM

Disciplinas do núcleo profissionalizante	Relação entre disciplinas e o BIM
Projeto Arquitetônico	Tem interface com as características BIM
Especificações e Orçamentos	Tem interface com as características BIM
Gerenciamento de Obras	Tem interface com as características BIM
Instalações Elétricas Prediais	Tem interface com as características BIM
Instalações Hidros sanitárias prediais	Tem interface com as características BIM
Concreto Armado 1	Depende do foco dado pelo professor
Concreto Armado 2	Depende do foco dado pelo professor
Estruturas de Madeira	Tem interface com as características BIM
Estruturas Metálicas	Tem interface com as características BIM
Estática	Não possui relação com as características BIM
Sistemas Estruturais	Tem interface com as características BIM
Estrutura Isostáticas	Não possui relação com as características BIM
Estruturas Hiperestáticas	Não possui relação com as características BIM
Dimensionamento de Fundações e Obras de Terra	Tem interface com as características BIM
Geologia Aplicada à Engenharia	Não possui relação com as características BIM
Mecânica dos Solos	Não possui relação com as características BIM
Pavimentação	Tem interface com as características BIM
Hidráulica	Não possui relação com as características BIM
Saneamento Ambiental	Tem interface com as características BIM
Hidrologia	Não possui relação com as características BIM
Geoprocessamento	Não possui relação com as características BIM
Transportes	Não possui relação com as características BIM
Projeto Geométrico de Rodovias	Tem interface com as características BIM

Fonte: Análise baseada no PPC do curso estudado (UTFPR, 2022) e no modelo de Checcuci e Amorin (2014)

Observando as ementas de cada componente curricular do núcleo profissionalizante, percebeu-se que doze dessas não possuem relação com as características BIM, ou seja, em suas ementas não foi encontrado conteúdos que fossem possíveis de serem associados as características BIM.

Com relação as disciplinas marcadas em cinza claro, nota-se que essas possuem interface indireta com o BIM, pois dependem do foco dado pelos docentes que ministram essas disciplinas. Os componentes curriculares Introdução a Engenharia, Topografia, Concreto Armado 1 e Concreto Armado 2, podem tratar algum conteúdo BIM mesmo não tendo relação direta.

Já as disciplinas marcadas em cinza escuro possuem interface direta com a modelagem BIM independente do foco dado pelo professor, pois é de fácil percepção que as ementas dessas disciplinas abordam as dimensões BIM.

Com relação ao quadro a seguir, é possível ver a análise realizada a partir dos conteúdos BIM que podem ser abordados a partir dos conteúdos-chaves que constam nas ementas das disciplinas do núcleo profissionalizante.

Quadro 8: Conteúdos BIM abordados pelo método utilizado que podem ser empregados nas disciplinas do núcleo profissionalizante

Disciplinas do núcleo profissionalizante	Conteúdos-chaves das ementas das disciplinas do curso estudado	Conteúdos BIM que podem ser abordados
Materiais de Construção 2	-	NP
Materiais de Construção 3	-	NP
Introdução à Engenharia Civil	Métodos e tecnologias construtivas da Engenharia Civil	G21
Topografia	Levantamentos topográficos planialtimétricos	G25
Tecnologia da Construção 1	Execução de uma obra de construção civil em fases iniciais	G21
Tecnologia da Construção 2	Execução de uma obra de construção civil	G21
Gestão da Segurança do Trabalho na Construção Civil	-	NP
Projeto Arquitetônico	Desenhos e textos essenciais a um projeto arquitetônico	G25 e G26
Especificações e Orçamentos	Especificações e orçamentos das fases de construção de uma obra	G21
Gerenciamento de Obras	Gerenciamento de projetos de engenharia	G21
Instalações Elétricas Prediais	Projetos elétricos, telefônicos e de cabeamento	G25 e G26
Instalações hidrossanitárias prediais	Projetos de instalações hidrossanitárias	G25 e G26
Concreto Armado 1	Conceitos de estruturas de concreto armado	G25
Concreto Armado 2	Conceitos de estruturas de concreto armado	G25
Estruturas de Madeira	Dimensionamento de peças estruturais e suas ligações	G25 e G26
Estruturas Metálicas	Dimensionamento e verificação de estruturas em aço	G25 e G26
Estática	-	NP
Sistemas Estruturais	Concepção e análise estrutural	G25 e G26
Estrutura Isostáticas	-	NP
Estruturas Hiperestáticas	-	NP
Dimensionamento de Fundações e Obras de Terra	Dimensionamento de fundações rasas e profundas	G25 e G26

Disciplinas do núcleo profissionalizante	Conteúdos-chaves das ementas das disciplinas do curso estudado	Conteúdos BIM que podem ser abordados
Geologia Aplicada à Engenharia	-	NP
Mecânica dos Solos	-	NP
Pavimentação	Projeção, execução e monitoramento de pavimentos	G25 e G26
Hidráulica	-	NP
Saneamento Ambiental	Dimensionamento hidráulico de sistemas de abastecimento de água e sistemas de esgoto sanitário	G25 e G26
Hidrologia	-	NP
Geoprocessamento	-	NP
Transportes	-	NP
Projeto Geométrico de Rodovias	Desenvolvimento de projetos geométricos para rodovias	G25 e G26

Fonte: Análise baseada no PPC do curso estudado (UTFPR, 2022) e no modelo de Checcuci e Amorin (2014)

Tomando o Quadro 8, doze disciplinas do núcleo profissionalizante não possuem conteúdos BIM que podem ser abordados, pois nas ementas dessas disciplinas não há conteúdos que se associem aos conteúdos BIM indicados pelo método utilizado. Já das disciplinas que possuem relação com o BIM, percebe-se quatro disciplinas que, dependendo do foco dado pelo professor, podem abordar conteúdos BIM, essas são: Introdução à Engenharia Civil, Topografia, Concreto Armado 1 e Concreto Armado 2.

Para Introdução à Engenharia Civil o conteúdo-chave métodos e tecnologias construtivas da Engenharia Civil pode abordar o conteúdo BIM **G21 (Ciclo de vida da edificação)**, porquanto que uma das fases do ciclo de vida de uma edificação é a aplicação de métodos e tecnologias construtivas. Já para a disciplina de Topografia, o conteúdo de levantamentos topográficos planialtimétricos pode abordar os conteúdos BIM **G25 (Modelagem geométrica tridimensional)**, visto que para demonstrar levantamentos topográficos podem ser realizadas modelagens geométricas tridimensionais. As disciplinas de Concreto Armado 1 e Concreto Armado 2 possuem o conteúdo-chave: conceitos de estruturas de concreto armado. Essas disciplinas podem abordar o conteúdo BIM **G25 (Modelagem geométrica tridimensional)**, dado que peças estruturais possuem representação geométrica tridimensional.

Observando as disciplinas que tem interface direta com as características BIM, percebe-se que a disciplina de Projeto Geométrico de Rodovias pode abordar os conteúdos BIM **G25 (Modelagem geométrica tridimensional)** e **G26 (Parametrização)**, posto que o seu conteúdo-chave é a elaboração de projetos geométricos para rodovias. Já para a disciplina de Saneamento Ambiental os conteúdos BIM que podem ser abordados são os **G26 (Parametrização)** e **G25 (Modelagem geométrica tridimensional)**, em virtude de que o seu conteúdo-chave é dimensionamento hidráulico de sistemas de abastecimento de água e dos sistemas de esgoto sanitário. Ao se fazer esse dimensionamento é necessária a representação geométrica do projeto que pode ser tridimensional e pode ser feita a atribuição de informações aos objetos representados, parametrização. A disciplina de Pavimentação pode abordar os conteúdos BIM **G25 (Modelagem geométrica tridimensional)** **G26 (Parametrização)**, posto que o seu conteúdo-chave é de projeção, execução e monitoramento de pavimentos. A disciplina de Dimensionamento de Fundações e Obras de Terra também pode abordar os conteúdos BIM **G25 (Modelagem geométrica tridimensional)** e **G26 (Parametrização)**, pois acompanhado do dimensionamento de fundações se fornece a representação geométrica do projeto que pode ser tridimensional e pode ser feita a atribuição de informações aos objetos representados, parametrização. A disciplina de Sistemas Estruturais também pode abordar os conteúdos **G25 (Modelagem geométrica tridimensional)** e o conteúdo **G26 (Parametrização)**, uma vez que para a concepção e análise estrutural também se realiza a representação geométrica do projeto que pode ser tridimensional e a atribuição de característica aos objetos modelados que é a parametrização.

As disciplinas de Estruturas de Madeira e Estruturas Metálicas também podem abordar os conteúdos BIM **G25 (Modelagem geométrica tridimensional)** e **G26 (Parametrização)**, tendo em vista que essas possuem o conteúdo-chave de dimensionamento de estruturas em madeira e estruturas metálicas, respectivamente, e que com esses dimensionamentos também se realizam a representação geométrica desses projetos e a atribuição de característica aos objetos modelados que é a parametrização. Para as disciplinas de Instalações hidrossanitárias prediais, Instalações Elétricas Prediais e Projeto Arquitetônico, os conteúdos BIM que podem ser abordados são o **G25 (Modelagem geométrica tridimensional)** e **G26 (Parametrização)**, já que o conteúdo-chave dessas disciplinas é a elaboração de

projetos e dessa forma, a representação geométrica tridimensional e a parametrização podem ser usadas. A disciplina de Gerenciamento de Obras tem como conteúdo-chave o gerenciamento de projetos, dessa forma o conteúdo BIM que poderia ser abordado é o **G21 (Ciclo de vida da edificação)**. A disciplina de Especificações e Orçamentos tem como conteúdo-chave o desenvolvimento de especificações e orçamentos das fases de construção de uma obra, sendo assim pode-se abordar o conteúdo BIM **G21 (Ciclo de vida da edificação)**. Para as disciplinas de Tecnologia da Construção 1 e Tecnologia da Construção 2 o conteúdo-chave é execução de uma obra, dessa forma o conteúdo BIM que pode ser abordado é o **G21 (Ciclo de vida da edificação)**.

Analisando as disciplinas do núcleo de optativas de humanidades e aplicando o Método de Análise de Componentes Curriculares de Checcuci e Amorim (2014), por meio da relação do grupo 1 do método utilizado com as disciplinas das diretrizes curriculares do curso estudado, observa-se o quadro 9.

Quadro 9: Relação das disciplinas optativas de humanidades do curso Engenharia Civil da UTFPR campus Pato Branco com o BIM

Disciplinas optativas de humanidades	Relação entre disciplinas e o BIM
Envelhecimento Populacional/ Demográfico e Desenvolvimento	Não possui relação com as características BIM
Filosofia da Ciência e da Tecnologia	Não possui relação com as características BIM
Fundamentos da Ética	Não possui relação com as características BIM
História da Técnica e da Tecnologia	Não possui relação com as características BIM
História e Cultura Afro-Brasileira	Não possui relação com as características BIM
Relações Humanas e Liderança	Não possui relação com as características BIM
Meio Ambiente e Sociedade	Não possui relação com as características BIM
Sociedade e Política no Brasil	Não possui relação com as características BIM
Tecnologia e Sociedade	Não possui relação com as características BIM
Sociologia do Trabalho	Não possui relação com as características BIM
Alongamento, Relaxamento e Saúde	Não possui relação com as características BIM
Qualidade de Vida	Não possui relação com as características BIM
Esportes Coletivos	Não possui relação com as características BIM
Expressão corporal por meio da dança	Não possui relação com as características BIM
Voleibol	Não possui relação com as características BIM
Libras 1	Não possui relação com as características BIM
Libras 2	Não possui relação com as características BIM

Francês para fins acadêmicos DD1	Não possui relação com as características BIM
Francês para fins acadêmicos DD2	Não possui relação com as características BIM
Francês para fins acadêmicos DD3	Não possui relação com as características BIM

Fonte: Análise baseada no PPC do curso estudado (UTFPR, 2022) e no modelo de Checcuci e Amorin (2014)

Devidos ao fato de as suas ementas serem voltadas para áreas de Ciências Humanas, Ciências Sociais Aplicadas e Atividade física, saúde e qualidade de vida, as disciplinas listadas no quadro anterior não possuem relação com os conteúdos BIM.

Observando as disciplinas do núcleo de optativas profissionalizantes e aplicando o Método de Análise de Componentes Curriculares de Checcuci e Amorin (2014) verifica-se o quadro 10.

Quadro 10: Relação das disciplinas optativas profissionalizantes do curso Engenharia Civil da UTFPR campus Pato Branco com as classificações de relação com o BIM do método utilizado

Disciplinas optativas profissionalizantes	Relação entre disciplinas e o BIM
Canalização de Tráfego	Tem interface com as características BIM
Concreto Protendido	Tem interface com as características BIM
Construções Sustentáveis	Não possui relação com as características BIM
Fundamentos Jurídicos na Engenharia Civil	Não possui relação com as características BIM
Gerência de Pavimentos	Não possui relação com as características BIM
Gestão Ambiental Aplicada à Engenharia Civil	Não possui relação com as características BIM
Manutenção Predial e Patologia das Estruturas de Concreto Armado	Não possui relação com as características BIM
Método dos Elementos Finitos para Mecânica Estrutural	Tem interface com as características BIM
Projeto de Sistemas de Drenagem Urbana	Tem interface com as características BIM
Qualidade na Construção Civil	Não possui relação com as características BIM
Segurança Viária	Não possui relação com as características BIM
Sistemas Produtivos	Não possui relação com as características BIM
Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana	Tem interface com as características BIM

Fonte: Análise baseada no PPC do curso estudado (UTFPR, 2022) e no modelo de Checcuci e Amorin (2014)

Analisando as ementas de cada componente curricular do núcleo de optativas profissionalizante, percebeu-se que oito dessas não possuem relação com as características BIM, ou seja, não foram encontrados conteúdos nas ementas analisadas que fossem possíveis de serem associados às características BIM.

As disciplinas marcadas em cinza escuro possuem interface direta com a modelagem BIM, independente do foco dado pelo professor, pois é de fácil percepção que as ementas dessas disciplinas abordam as dimensões BIM. Sendo assim, as disciplinas Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana, Projeto de Sistemas de Drenagem Urbana, Método dos Elementos Finitos para Mecânica Estrutural, Concreto Protendido e Canalização de Tráfego fazem parte dessa classificação.

Tendo em vista os conteúdos BIM que podem ser empregados nas disciplinas do curso estudado, obtém-se o quadro 11, com os conteúdos-chaves que constam nas ementas das disciplinas do núcleo profissionalizante.

Quadro 11: Conteúdos BIM abordados pelo método utilizado que podem ser empregados nas disciplinas optativas estudadas

Disciplinas optativas profissionalizantes	Conteúdos-chaves das ementas das disciplinas do curso estudado	Conteúdos BIM que podem ser abordados
Canalização de Tráfego	Projetos de canalização de tráfego e entroncamentos	G25 e G26
Concreto Protendido	Projetos de vigas e lajes protendidas	G25 e G26
Construções Sustentáveis	-	NP
Fundamentos Jurídicos na Engenharia Civil	-	NP
Gerência de Pavimentos	-	NP
Gestão Ambiental Aplicada à Engenharia Civil	-	NP
Manutenção Predial e Patologia das Estruturas de Concreto Armado	-	NP
Método dos Elementos Finitos para Mecânica Estrutural	Projetos de estruturas e componentes mecânicos	G25, G210 e G26
Projeto de Sistemas de Drenagem Urbana	Projetos de drenagem micro e macro urbana	G25 e G26
Qualidade na Construção Civil	-	NP
Segurança Viária	-	NP
Sistemas Produtivos	-	NP
Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana	Projetos de drenagem urbana em ambiente computacional	G25 e G26

Fonte: Análise baseada no PPC do curso estudado (UTFPR,2022) e no modelo de Checcuci e Amorin (2014)

Das disciplinas que possuem interface direta com as características BIM, verifica-se quatro disciplinas. Essas são: Canalização de Tráfego, Concreto

Protendido, Método dos Elementos Finitos para Mecânica Estrutural, Projeto de Sistemas de Drenagem Urbana e Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana.

Para a disciplina de Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana, percebe-se os conteúdos BIM **G25 (Modelagem geométrica tridimensional)** e **G26 (Parametrização)**, visto que o seu conteúdo-chave é o desenvolvimento de sistemas de drenagem urbana com uso de programas computacionais. Já a disciplina de Projeto de Sistemas de Drenagem visa a elaboração de projetos de drenagem micro e macro urbana que também pode abordar os conteúdos **G25 (Modelagem geométrica tridimensional)** e **G26 (Parametrização)**, uma vez que o dimensionamento de um sistema de drenagem possui representação geométrica que pode ser tridimensional e também pode ser atribuída informações aos objetos representados, parametrização. A disciplina de Elementos Finitos para Mecânica Estrutural pode tratar dos conteúdos BIM **G25 (Modelagem geométrica tridimensional)**, **G210 (Simulação e Análise numérica)** e **G26 (Parametrização)**, dado que seu conteúdo-chave é projetar estruturas e componentes mecânicos. Tendo em vista a disciplina de Concreto Protendido, pode-se abordar o conteúdo BIM **G25 (Modelagem geométrica tridimensional)** e **G26 (Parametrização)**, pois o conteúdo-chave é de projetar vigas e lajes protendidas. Para a disciplina de Canalização de Tráfego tem-se o conteúdo-chave da elaboração de projetos de canalização de tráfego e entroncamentos, dessa forma os conteúdos BIM que podem ser abordados são os **G25 (Modelagem geométrica tridimensional)** e **G26 (Parametrização)**.

4.3 Parecer geral sobre o curso estudado

Para analisar a contribuição do BIM para o desenvolvimento das competências do engenheiro do curso estudado, foi efetuada uma tabela resumo comparando os resultados das seções 4.1 e 4.2 da referente pesquisa.

Para possibilitar a melhor análise dos resultados obtidos, foi feito um quadro resumo com os apontamentos mais importantes das seções 4.1 e 4.2 que pode ser visto a seguir.

Quadro 12: Resumo baseado no quadro da secção 4.1, incluindo os conteúdos BIM encontrados nas disciplinas e percentagem de presença dos conteúdos BIM.

		Níveis de análise das características BIM		
		Nível Básico	Nível Intermediário	Nível Avançado
Conceitos-chaves adaptados das DCNs e PPC	Viabilidade técnica, criatividade, colaboração e multidisciplinar	A1 { <i>G21</i> 5,4%	B1 { <i>G22</i> 0%	C1 { <i>NECB</i> 0%
	Inovação	A2 { <i>NECB</i> 0%	B2 { <i>G23</i> 0%	C2 { <i>G24</i> 0%
	Resolutividade	A3 { <i>G25 e G26</i> 17,4%	B3 { <i>NECB</i> 0%	C3 { <i>G24</i> 0%
	Entendimento de áreas afins	A4 { <i>NECB</i> 0%		

Fonte: Adaptado de Succar (2009) e Barison e Santos (2011), Brasil (2019) e UTFPR (2022).

Analisando primeiramente os quadrantes em que os conceitos-chaves adaptados das competências do engenheiro e níveis de análise BIM não se associam com conceitos BIM (**NECB**), foi observado que para **A2** (Introdução a ferramentas BIM), **A4** (Uso de conteúdos que não possuem interface direta com a modelagem BIM em situações de uso de ferramentas BIM), **C1** (Multidisciplinariedade) e **B3** (Cooperatividade em equipe), nenhuma disciplina da matriz curricular do curso estudado consegue trabalhar esses de forma explícita com algum conteúdo BIM. Dessa maneira, a percentagem dos conteúdos BIM nas disciplinas avaliadas é de 0%.

Agora analisando os quadrantes onde foi encontrado algum conteúdo BIM que se relaciona com os níveis de análise de características BIM e os conceitos-chaves adaptados das DCNs e PPC, analisou-se que para **B1** (Colaboração) contém-se o conteúdo BIM **G22** (colaboração). Entretanto, esse conteúdo não corresponde a nenhum conteúdo das disciplinas analisadas do curso estudado. Sendo assim, a percentagem de presença desse conteúdo BIM nas disciplinas estudadas é de 0%.

Com relação a **C2** (Gerenciamento BIM) e **C3** (Habilidades em gerenciamento BIM), notou-se que é possível relacionar esses com o conteúdo BIM **G24** (coordenação do processo de modelagem), já que o gerenciamento BIM também consiste na coordenação dos processos de modelagem de projetos. Todavia, nas ementas do curso estudado não foi possível identificar esse conteúdo. Dessa forma a porcentagem desse conteúdo BIM nas disciplinas analisadas é de 0%. Para **B2** (Interoperabilidade) percebe-se que o conteúdo BIM que pode ser associado é o **G23** (Interoperabilidade). Porém, como C2 e C3, a porcentagem desse conteúdo BIM nas ementas das disciplinas do curso estudado é de 0%.

Já o conteúdo BIM **G21**(ciclo de vida de uma edificação) pode ser identificado no conceito- chave **A1** (ciclo de vida de uma edificação). Ao contrário dos conceitos-chaves anteriores, é possível associar A1 com algumas disciplinas do curso estudado como Introdução à engenharia civil, Tecnologia da Construção 1, Tecnologia da Construção 2, Especificações e Orçamentos e Gerenciamento de Obras. Tendo isso, 5 disciplinas das 92 analisadas possuem em suas ementas a presença do conteúdo BIM ciclo de vida de uma edificação, ou seja 5,4 % das disciplinas.

Visualizando **A3** (Modelagem paramétrica 3D), nota-se que os conteúdos BIM presentes são o **G26** (Parametrização) e o **G25** (Modelagem geométrica tridimensional). Esses possuem a porcentagem de presença nas disciplinas estudadas de 17,4% dado que das 92 disciplinas estudadas, 16 possuem esses dois conteúdos BIM. Sendo essas: Projeto Arquitetônico, Instalações Elétricas Prediais, Instalações hidrossanitárias prediais, Estruturas de Madeira, Estruturas Metálicas, Sistemas Estruturais, Dimensionamento de Fundações e Obras de Terra, Pavimentação, Saneamento Ambiental, Projeto Geométrico de Rodovias, Canalização de Tráfego, Concreto Protendido, Método dos Elementos Finitos para Mecânica Estrutural, Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana, Expressão Gráfica e Desenho arquitetônico.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para analisar a contribuição do BIM para o desenvolvimento das competências do engenheiro do curso de Engenharia Civil da UTFPR *Campus* Pato Branco foi necessário relacionar as características BIM com as competências profissionais do engenheiro e identificar as possibilidades de aplicação do BIM no curso estudado.

Com relação ao primeiro objetivo específico, se tem os conceitos-chaves gerados pelas similitudes e diferenças entre as DCNs e o PPC do curso estudado e os conceitos-chaves adaptados de Succar (2009) e Barison; Santos (2009). Dessas comparações, foi possível obter conceitos-chaves que associam os níveis de análise das características BIM com os conceitos-chaves do perfil do egresso do curso de Engenharia Civil (quadro 4).

Já para o segundo objetivo específico, foi aplicado o método de análise de componentes de Checcucci e Amorim (2014) nas ementas das disciplinas analisadas. Devido a reestruturação do PCC do curso ser recente, os planos de aulas das disciplinas não puderam ser estudados por serem relacionados ao PPC anterior. Dessa forma, foi feito o relacionamento das disciplinas do curso estudado com as características BIM, observando as ementas das disciplinas apresentadas no PPC novo. Os resultados dessa analogia, indicam que do núcleo básico, três disciplinas possuem interface direta ou indireta com as características BIM (quadro 6). Já do núcleo profissionalizante, dezoito disciplinas possuem relação com os mesmos aspectos (quadro 8). Tendo em vista as optativas, somente as profissionalizantes obtêm disciplinas associadas com essas propriedades (quadro 11).

Para melhor compreensão dos resultados obtidos, foi elaborado um quadro resumo que contém os conceitos-chaves das DCNs e PPCs, os níveis de análise das características BIM adaptados de Succar (2009) e Barison e Santos (2011), os resultados da seção 4.1 e da seção 4.2. Dessa maneira, foi possível observar que os conteúdos BIM que mais podem ser aplicados nas disciplinas estudadas são os de Modelagem geométrica tridimensional e a Parametrização, pois de noventa e duas disciplinas analisadas, dezenove apresentaram conteúdos-chaves em suas ementas que abordam esses conteúdos BIM especificamente. Além disso, os conteúdos Colaboração, Ciclo de vida de uma edificação, Interoperabilidade e Coordenação do

processo de modelagem se associam aos conceitos chaves resultados da seção 4.1, entretanto, esses não são abordados nas ementas das disciplinas estudadas.

Portanto, a contribuição do BIM para o desenvolvimento das competências do engenheiro se faz pela aplicação dos conteúdos BIM: Modelagem geométrica tridimensional e Parametrização com uso de ferramentas BIM para uma aprendizagem ativa, visto as possibilidades observadas nas ementas das disciplinas estudadas. Ademais, esse cenário indica que o curso é passível de estar no nível básico das características BIM com relação ao conceito-chave das competências do engenheiro de resolutividade.

A partir das descobertas deste estudo é possível sugerir ações como cursos sobre ferramentas BIM aos discentes e docentes da universidade sejam ofertados, em virtude de que o mercado de trabalho, cada vez mais, necessita de pessoas que dominem essa tecnologia.

Sugere-se também que em trabalhos futuros, busque-se identificar as percepções da comunidade interna e externa, relacionando os resultados dessa pesquisa com as proposições teórico-empíricas do BIM e as competências profissionais do engenheiro. Isso contribuiria para a identificação da real necessidade de promover o BIM como ferramenta de ensino-aprendizagem. Além disso, pode-se fazer estudos com os Planos de Ensino durante a implementação do novo PP.

REFERÊNCIAS

ABRAINCO. **Uso do BIM na construção civil possibilita obras mais econômicas e gerenciamento mais preciso**. 2022. Disponível em: <https://www.abrainco.org.br/tecnologia-e-inovacao/2022/05/12/uso-do-bim-na-construcao-civil-possibilita-obras-mais-economicas-e-gerenciamento-mais-preciso/>. Acesso em: 29 set. 2022.

AZHAR, S.; HEIN, M.; SKETO, B. **Building Information Modeling (BIM): Benefits, Risks and Challenges**. Proceedings of the 44th ASC National Conference, 2008.

BARISON, M. B; SANTOS, E. T. (2010b). **Review and Analysis of Current Strategies for Planning a BIM Curriculum**. Proc., CIB W78 2010 27th International Conference, Virginia Tech, Cairo, Egypt, 1- 10. Disponível em: <http://itc.scix.net/data/works/att/w78-2010-83.pdf>. Acesso em: 05 nov.2022.

BARISON, M. B; SANTOS, E. T. BIM TEACHING: CURRENT INTERNATIONAL TRENDS. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 6, n. 2, p. 67-80, 0 dez. 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/307826856_BIM_TEACHING_CURRENT_INTERNATIONAL_TRENDS. Acesso em: 14 nov. 2022.

BARISON, M. B. **Introdução de Modelagem da Informação da Construção (BIM) no Currículo: uma contribuição para a formação do projetista** / M.B. Barison. – Versão corr. -- São Paulo, 2015. 387 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

BARISON, M.B.; SANTOS, E.T. Ferramenta para planejamento de disciplina bim. in: xv encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 2014, Maceió. Anais [...]. Maceió, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/301434582_Ferramenta_para_planejamento_de_disciplina_BIM. Acesso em: 15 nov. 2022.

BARRETO, B. V; SANCHES, J. L. G; ALMEIDA, T. L. G; RIBEIRO, S. E. C. **O Bim no Cenário de Arquitetura e Construção Civil Brasileiro**. 2016. Disponível em: <http://www.fumec.br/revistas/construindo/article/view/4811/2442>. Acesso em: 03 set. 2022.

Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia III Simpósio Internacional DE Educação em Engenharia da Abenge, 48., 2020, Ceará. **Sugestão de implantação**

da metodologia BIM no curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará. Ceará, 2020. Disponível em:
https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/60530/1/2020_eve_lhchsousa.pdf. Acesso em: 04 mar. 2023.

CHECCUCCI, E. S. **Ensino-aprendizagem de BIM nos cursos de graduação em Engenharia Civil e o papel da Expressão Gráfica neste contexto.** 2014. Tese (Doutorado em Difusão do Conhecimento) – Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

CHECCUCCI, E. S.; AMORIM, A. L. Método para análise de componentes curriculares: identificando interfaces entre um curso de graduação e BIM. **Parc Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 6-17, out. 2014. Disponível em:
file:///C:/Users/user/Downloads/paulaphc,+PARC_V5N1_02_artigo12-VFinal.pdf. Acesso em: 14 nov. 2022.

DEDERICHS, A. S., KARSHOJ, J. and Hertz, K. Multidisciplinary Teaching: Engineering Course in Advanced Building Design. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, 37, 12-19. 2011. Disponível em [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000030](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000030). Acesso em: 06 nov. 2022.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores.** Grupo A, 2021. E-book. ISBN 9788582605523. Disponível em:
<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582605523/>. Acesso em: 29 set. 2022.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia.** São Paulo: Editora Paz e Terra, 1998.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** Grupo GEN, 2022. E-book. ISBN 9786559771653. Disponível em:
<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559771653/>. Acesso em: 14 nov. 2022.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**, 7ª edição. Grupo GEN, 2019. E-book. ISBN 9788597020991. Disponível em:
<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597020991/>. Acesso em: 19 nov. 2022.

GUINDANI, G. G. *et al.* **Aprendizagem baseada em projeto na curricularização da extensão**: um estudo de caso prático na graduação em administração. Ponta Grossa, out. 2021. Disponível em:
https://admpg.com.br/2021/anais/arquivos/09092021_170901_613a6ff557b3b.pdf. Acesso em: 05 out. 2022.

KAMARDEEN, I. 8D BIM Modelling tool for accident prevention through design. Egbu, C. (Ed) **Procs 26th Annual ARCOM Conference**, 2010.

LOZADA, G.; NUNES, K. S. **Metodologia Científica**. Grupo A, 2019. E-book. ISBN 9788595029576. Disponível em:
<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595029576/>. Acesso em: 14 nov. 2022.

MCCUEN, T.; FITHIAN, L. Team Processes and Dynamics Demonstrated in Interdisciplinary BIM Teams. **Proc., The BIM-Related Academic Workshop**, Salazar and Raymond Issa, Washington D.C. 2010. Disponível em:
http://www.buildingsmatalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf. Acesso em: 05 out. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia**. Brasília, 2002. Disponível em:
<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1362.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia** Brasília, 2019. Disponível em:
http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=112681-rces002-19&category_slug=abril-2019-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 14 nov. 2022.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. **National Building Information Modeling Standard™ Version 1 - Part 1: Overview, Principles, and Methodologies**. 2007. Disponível em:
https://buildinginformationmanagement.files.wordpress.com/2011/06/nbimsv1_p1.pdf. Acesso em: 14 nov. 2022

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social - Métodos e Técnicas**, 4ª edição. Grupo GEN, 2017. E-book. ISBN 9788597013948. Disponível em:
<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597013948/>. Acesso em: 13 nov. 2022.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X.; MORAIS, M. **O ensino de BIM no Brasil: onde estamos?** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 151-165, abr./jun. 2013.

SIENGE. **Mapeamento de maturidade BIM Brasil**. São Paulo: F, 2020. Disponível em: file:///C:/Users/user/Downloads/ebook_mapeamento_bim_no_brasil.pdf. Acesso em: 29 set. 2022.

SUCCAR, B. Building Information Modelling Framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009.

Starzik, G. F., and McDonald, M. The Collaborative Dance: Only Three Steps. Proc., **The BIMRelated Academic Workshop**, Salazar and Raymond Issa, Washington D.C. 2010 Disponível em: http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf. Acesso em: 06 nov. 2022.

HARDIN, Brad; MCCOOL, Dave. **BIM and Construction Management Proven Tools, Methods, and Workflows**. 2. ed. Indianapolis: Sybex, 2015. 404 p.

HYATT, A. B. A Case Study in Integrating Lean, Green. BIM into an Undergraduate Construction Management Scheduling Course. Proc., **47th ASC Annual International Conference, Associated School of Construction**, Omaha, NE. 2011. Disponível em: <http://ascpro0.ascweb.org/archives/cd/2011/paper/CEUE304002011.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2022.

PEREIRA, P. A. I.; RIBEIRO, R. A. A Inserção do BIM no Curso de Graduação em Engenharia Civil. **Revista Eletrônica Engenharia Viva**, Goiânia, p. 17-29, set. 2015. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/ijaeedu/article/view/37589>. Acesso em: 14 nov. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO (UNIVASF). Colegiado de Engenharia Civil. **Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil**. Petrolina: UNIVASF, 2012. Disponível em:

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR). Núcleo Docente Estruturante do Curso Superior em Engenharia Civil. **Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil**. Pato Branco, 2022.

USACE (Usa). **The US Army Corps of Engineers Roadmap for Life-Cycle Building Information Modeling (BIM)**. Washington, 2012. Disponível em: <https://erdc-library.erdcdren.mil/jspui/bitstream/11681/4765/1/ERDC-SR-12-2.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2022.

VIGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Livraria Martins Fontes Editora Ltda, 1998.

WOO, J. H. **BIM (Building Information Modeling) and Pedagogical Challenges**. 2006. Disponível em:
<http://ascpro0.ascweb.org/archives/cd/2007/paper/CEUE169002007.pdf>. Acesso em:
14 nov. 2022.

**anexo A - Matriz Curricular do Curso de Engenharia Civil da UTFPR *campus*
Pato Branco**

