



**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS ARAPIRACA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DOCÊNCIA NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL**

LUCIANA DA ROCHA MELO GUERRA

**ESTUDO COMPARATIVO DE FERRAMENTAS DE PROJETO ENTRE O CAD
TRADICIONAL E A MODELAGEM BIM SOB O PONTO DE VISTA DA
APRENDIZAGEM DOS ALUNOS NOS CURSOS DE ENGENHARIA CIVIL E
ARQUITETURA NO ESTADO DE ALAGOAS**

ARAPIRACA, AL

2022

LUCIANA DA ROCHA MELO GUERRA

ESTUDO COMPARATIVO DE FERRAMENTAS DE PROJETO ENTRE O CAD
TRADICIONAL E A MODELAGEM BIM SOB O PONTO DE VISTA DA
APRENDIZAGEM DOS ALUNOS NOS CURSOS DE ENGENHARIA CIVIL E
ARQUITETURA NO ESTADO DE ALAGOAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Pós-Graduação Docência na Educação Profissional do Instituto Federal de Alagoas, em parceria com a Universidade Aberta do Brasil, *campus* Arapiraca, como requisito parcial para a obtenção do grau de especialista em Docência na Educação Profissional.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Robério da Costa Ferro.

ARAPIRACA, AL

2022



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Alagoas
Campus Arapiraca

G934e

Guerra, Luciana da Rocha Melo.

Estudo comparativo de ferramentas de projeto entre o CAD tradicional e a modelagem BIM sob o ponto de vista da aprendizagem dos alunos nos cursos de engenharia civil e arquitetura no Estado de Alagoas / Luciana da Rocha Melo Guerra. – 2022.

1 PDF: il., color., (1 arquivo: 760 kB).

PDF do trabalho acadêmico com 34 folhas.

Orientação: Prof. Dr. Márcio Robério da Costa Ferro.

Trabalho de Conclusão de Curso, (especialização, pós-graduação em Docência na Educação Profissional) – Instituto Federal de Alagoas, *Campus Arapiraca*, Arapiraca, 2022.

1. Softwares gráficos. 2. Projetos - arquitetura. 3. Projetos - engenharia. I. Título.

CDD: 620.00420285

Luciete Barbosa da Silva
Bibliotecária - CRB-4/1739

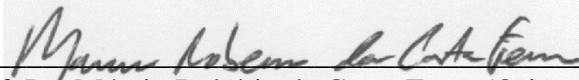
LUCIANA DA ROCHA MELO GUERRA

ESTUDO COMPARATIVO DE FERRAMENTAS DE PROJETO ENTRE O CAD
TRADICIONAL E A MODELAGEM BIM SOB O PONTO DE VISTA DA
APRENDIZAGEM DOS ALUNOS NOS CURSOS DE ENGENHARIA CIVIL E
ARQUITETURA NO ESTADO DE ALAGOAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Pós-Graduação Docência na Educação Profissional do Instituto Federal de Alagoas, em parceria com a Universidade Aberta do Brasil, *campus* Arapiraca, como requisito parcial para a obtenção do grau de especialista em Docência na Educação Profissional.

Aprovada em: 04/03/2021.

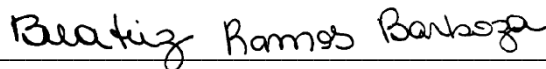
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Márcio Robério da Costa Ferro (Orientador)
Instituto Federal de Alagoas – IFAL



Prof. Dr. Odair José Silva dos Santos
Instituto Federal de Alagoas – IFAL



Eng. PhD Beatriz Ramos Barboza
Pesquisadora no Laboratório de Computação Científica e Visualização LCC/UFAL

À minha Família.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas e ao Curso de Pós-Graduação em Docência da Educação Profissional, pela oferta da especialização e a oportunidade de poder cursar e concluir o curso.

Ao Prof.º Dr. Márcio Robério da Costa Ferro pela orientação deste trabalho e por toda paciência durante esse processo. A banca examinadora pelas contribuições dadas. Aos professores do curso pelos ensinamentos transmitidos nas disciplinas.

A minha Família, por ser o Porto Seguro em todas as minhas decisões.

Aos meus amigos, pelo incentivo e pela torcida sempre.

A todos os colegas do curso que direta ou indiretamente contribuíram e incentivaram ao longo do curso, de modo especial à Priscila Pereira e à Celsa Tenório, pela parceria sincera ao longo de todo o curso.

RESUMO

A indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), nas últimas décadas, vem recorrendo ao uso de softwares gráficos para otimizar os processos de desenvolvimento de projetos. A revolução do mercado de projetos nas áreas de engenharia e arquitetura se deu com o desenvolvimento e a expansão de softwares gráficos, a partir da década de 60. O Desenho Assistido por Computador – *Computer Aided Design* (CAD) foi o software precursor que permitiu a migração dos projetos manuais para o computador. Ao longo dos anos os softwares foram se aperfeiçoando e atualmente tem-se a Modelagem da Informação da Construção - *Building Information Modeling* (BIM), uma tecnologia integrada de vários softwares que abrange desde a fase de projetos até o processo construtivo como um todo. Esses softwares gráficos comumente são inseridos nas ementas dos cursos de graduação em Engenharia Civil e Arquitetura. Dado que o software CAD e os softwares do sistema BIM apresentam diferenças em relação aos recursos disponíveis e ao custo de aquisição, foi realizado um levantamento das Instituições de Ensino Superior (IES) que ofertam esses cursos no Estado de Alagoas a fim de identificar quais desses softwares são mais usados atualmente. Para isso foi estabelecido contato com as coordenações dos respectivos cursos e enviado um formulário eletrônico referente ao uso dos softwares gráficos nos componentes curriculares. Foi diagnosticada uma tendência de uso de softwares do sistema CAD, seguido de softwares do sistema BIM sobressaindo-se o AutoCAD e o Revit, tendo em vista que são os mais usuais no mercado, além de serem disponibilizados gratuitamente aos estudantes pelas IES cadastradas junto à AutoDesk. As IES afirmaram dialogar com o mercado de trabalho para entender as demandas do setor e buscar formar profissionais com perfil necessário as tendências atuais. Também foi discutida com as IES sobre a importância de priorizar a incorporação de inovações de softwares gráficos nos Projeto Político-Pedagógico dos cursos e as mesmas mostraram-se engajadas nesse processo de inovação.

Palavras-chave: instituições de ensino superior; softwares gráficos; educação; indústria da arquitetura, engenharia e construção.

ABSTRACT

The Architecture, Engineering and Construction (AEC) industry, in recent decades, has been resorting to the use of graphics software to optimize project development processes. The revolution in the project market in the areas of engineering and architecture took place with the development and expansion of graphic software, starting in the 60's. Computer Aided Design (CAD) was the precursor software that allowed the migration of manual projects to the computer. Over the years, the software has been improving and currently there is the Building Information Modeling - Building Information Modeling (BIM), an integrated technology of various software that ranges from the design phase to the construction process as a whole. These graphics software are commonly included in the menus of undergraduate courses in Civil Engineering and Architecture. Since the CAD software and the BIM system software present differences in terms of available resources and acquisition cost, a survey of Higher Education Institutions (IES) that offer these courses in the State of Alagoas was carried out in order to identify which of these software are most used today. For this, contact was established with the coordinators of the respective courses and an electronic form was sent regarding the use of graphic software in the curricular components. A tendency to use CAD system software was diagnosed, followed by BIM system software, with AutoCAD and Revit standing out, considering that they are the most common in the market, in addition to being made available free of charge to students by the IES registered with the AutoDesk. The IES claimed to dialogue with the labor market to understand the demands of the sector and seek to train professionals with the profile necessary for current trends. It was also discussed with the IES about the importance of prioritizing the incorporation of graphic software innovations in the Political-Pedagogical Project of the courses and they showed to be engaged in this innovation process.

Keywords: higher education institutions; graphics software; education; architecture, engineering and construction industry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Integração de todas as etapas da obra	15
Figura 2 - Fluxograma das etapas da pesquisa	20
Figura 3 - Municípios que sediam cursos de Engenharia Civil e Arquitetura.....	21
Gráfico 1 - Categoria administrativa dos cursos da AEC no Estado de Alagoas	23
Gráfico 2 - Softwares gráficos mais utilizados pelas IES	24
Gráfico 3 - Meios de acesso dos graduandos aos softwares gráficos	25
Quadro 1 - Vantagens e desvantagens do sistema BIM	15
Quadro 2 - Principais softwares gráficos utilizados na indústria da AEC.....	18
Quadro 3 - IES com oferta de cursos de AEC por cidades.....	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
BIM	<i>Building Information Modelling</i> (Modelagem da Informação da Construção)
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (Desenho assistido por Computador)
IES	Instituições de Ensino Superior

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVOS	12
1.1.1	Objetivo Geral.....	12
1.1.2	Objetivos Específicos	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	METODOLOGIAS DE REPRESENTAÇÃO E MODELAGEM DE PROJETOS UTILIZADOS NA INDÚSTRIA DA AEC	13
2.1.1	Sistema CAD	13
2.1.2	Sistema BIM	14
2.1.3	Softwares Gráficos na Engenharia Civil e Arquitetura	16
3	METODOLOGIA.....	20
3.1	AMOSTRA E REGIÃO PESQUISADA	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	21
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
	REFERÊNCIAS.....	28
	APÊNDICE	30
	APÊNDICE A – FORMULÁRIO	31

1 INTRODUÇÃO

A indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) tem papel fundamental na economia mundial, mas possui longo histórico de baixa produtividade. Associado aos seus processos, na maioria, manufaturados, contribuem para a baixa eficiência, alto consumo e desperdício de recursos materiais e humanos (MOHR, 2017). Além disso, frequentemente enfrenta crises devido sua relação íntima com a situação econômica do país. Diante disso, vem constantemente se reinventando, buscando inovação e otimização para crescer e se manter no mercado.

O mercado exige, cada vez mais, otimização de processos para garantir melhoria da produtividade e eficiência. A revolução do mercado de projetos na indústria da AEC se deu com o desenvolvimento e expansão de softwares gráficos, a partir da década de 60. No início da década de 80 houve o desenvolvimento e popularização de ferramentas computacionais de auxílio ao desenho designado Computer Aided Design (Desenho Assistido por Computador) - (CAD) (SILVA, 2019, p.1).

O CAD é um sistema computacional utilizado nas áreas de engenharia e arquitetura que revolucionou o mercado de projetos nas últimas décadas, ao transportar para o computador o desenvolvimento de desenhos técnicos (COSTA, 2015, p.11). O processo, até então manual, propiciou mais qualidade, eficiência e agilidade. A partir da ampla utilização dos sistemas CAD começaram a enfatizar o projeto, e os desenhos foram automatizados (NUNES, 2018, p.48). Na época o software mais inovador foi o AutoCAD. Software de modelagem, primeiramente em 2D, desenvolveu-se também em 3D, atingindo grande visibilidade no mercado (COSTA, 2015, p.11).

As vantagens adquiridas com o AutoCAD: melhor documentação e apresentação do projeto como produto, gerenciamento do projeto, além de aumento da produtividade. Mesmo diante dessas vantagens adquiridas, o método representativo CAD é passível de falhas e inconsistências, tais como fragmentação, deficiência de informações e incompatibilidade interdisciplinar (NUNES, 2018, p.48). Nesse contexto, surge a Modelagem da Informação da Construção - *Building Information Modeling* (BIM), que tem grande propensão de desenvolvimento no mercado AEC.

Segundo Costa (2015, p.12), a tecnologia BIM surge da evolução da tecnologia CAD, possibilitando uma análise mais profunda de todo o processo de construção, antes mesmo que o projeto seja construído, diante da possibilidade de verificação das possíveis interferências,

atualizadas conforme a identificadas. A modelagem BIM, constitui conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, a utilização e a atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, que sirva a todos os participantes do empreendimento, em qualquer etapa do ciclo de vida da construção (DECRETO Nº10.306, 2020).

Diante da modernização no processo de modelagem/projeto na indústria da AEC o Governo Federal publicou o decreto 9.377, de 17 de maio de 2018, o qual institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling no Brasil – Estratégia BIM BR (SILVA, 2019, p.1). Sua finalidade é promover um ambiente adequado ao investimento em BIM e sua difusão no país. Em 2020 foi promulgado o decreto Federal nº10.306 estabelecendo a exigência do BIM para obras públicas, a partir de janeiro de 2021, garantindo assim redução de custos, aumento da produtividade e gestão transparente dos recursos públicos.

Os softwares gráficos largamente utilizados na indústria da AEC são introduzidos aos profissionais durante sua formação acadêmica. Geralmente apresentados de forma introdutória, mas todos os profissionais adquirem noções básicas de funcionamento e, no mercado de trabalho, aperfeiçoam conforme as necessidades de sua área de atuação. No entanto, não é comum encontrar publicações que apresentem como se dar efetivamente essa introdução ao uso dos softwares gráficos pelas Instituições de Ensino Superior (IES), e quais as potencialidades que eles podem oferecer para o futuro profissional na indústria da AEC.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Identificar e interpretar quais softwares gráficos estão inseridos nos componentes curriculares nos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura ofertados no Estado de Alagoas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Fazer o levantamento dos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura presenciais ofertados no Estado de Alagoas;
- Aplicar questionário semiaberto aos coordenadores dos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e identificar quais softwares gráficos são ofertados no Projeto Político-Pedagógico do curso;
- Entender como as IES estão trabalhando a integração ensino-mercado de trabalho;
- Dialogar com as IES a importância de priorizar a incorporação de inovações de softwares gráficos nos Projeto Político-Pedagógico dos cursos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 METODOLOGIAS DE REPRESENTAÇÃO E MODELAGEM DE PROJETOS UTILIZADOS NA INDÚSTRIA DA AEC

A representação gráfica de elementos da engenharia vem evoluindo ao longo das décadas, motivado principalmente pelas demandas de mercado e difusão da tecnologia (SILVA, 2019, p.1). Nunes (2018, p.48) destaca a utilização da tecnologia, a qualificação e a especialização profissional como fatores decisivos nesse processo de evolução.

O desenho arquitetônico possibilitou diversos melhoramentos no processo de representação gráfica, tais como economia de tempo, flexibilização de escalas de representação, virtualização da área de trabalho e portabilidade (SILVA, 2019, p.2). No entanto, a divisão de profissionais da AEC em áreas distintas, resulta em incompatibilidade de projetos. Conseqüentemente aumenta os custos no valor final do empreendimento, com retrabalhos e atrasos (NUNES, 2018, p.49).

Nesse contexto, a compatibilização é fator fundamental nas etapas de projeto (Nunes, 2018, p.48), incorporando todas as disciplinas que envolvem um projeto. O processo se dá após a conclusão de todas as partes envolvidas, sanando conflitos e interferências através da sobreposição manual ou por meio de tecnologias que acelerem a verificação (MANZIONE, 2013 APUD SILVA, 2019, p.2).

As metodologias de representação e modelagem de projetos utilizadas na indústria AEC correspondem ao sistema CAD e ao sistema BIM. Vale ressaltar que o CAD constitui um software de modelagem em 2D e 3D, pioneiro no mercado projetista, e que por décadas foi exclusivo em termos de representação gráfica computadorizada. Já o sistema BIM constitui uma metodologia com um conjunto integrado de tecnologias que permite a representação de todas as informações e etapas de uma obra.

2.1.1 Sistema CAD

No início da década de 80 o desenvolvimento e popularização de ferramentas computacionais de auxílio ao desenho designado CAD revolucionou a indústria da AEC (SILVA, 2019, p.1) tanto do ponto de vista técnico quanto de produtividade. As ferramentas de projetos, até então manuais, foram transferidas para o computador, diminuindo tempo, erros dimensionais, maior padronização de detalhes e clareza nos projetos como um todo.

Segundo Silva, (2019, p.3) o AutoCAD é o software pioneiro no mercado projetista, único em termos de reprodução gráfica computadorizada e apreciado com unanimidade nas empresas e/ou escritórios, tornando-se a grande invenção para a indústria AEC no século XX e perdurando até o início do século XXI.

O sistema CAD, baseado no sistema geométrico, possibilita a elaboração de desenhos no plano bidimensional. Contudo, a representação nesse sistema causa desintegração do virtual com o real, ao passo que dificulta a análise de clientes leigos (NUNES, 2018, p.49). Logo, surge o CAD 3D, melhorando a representação tridimensional do projeto. Outras funções particulares também surgiram com a evolução da tecnologia CAD, a citar CAD 4D e nD.

No entanto, os projetos desenvolvidos no sistema CAD desencadeiam situações suscetíveis à falha, inconsistência, insegurança e geralmente, produções repetitivas; favorecendo perda considerável do valor das informações do projeto (NUNES, 2018, p.49). Assim, o mercado AEC demanda mudança de paradigma: alterando a documentação baseada em tecnologia bidimensional para o protótipo paramétrico e fluxo de trabalho colaborativo.

2.1.2 Sistema BIM

A modelagem da informação da construção é um dos mais promissores desenvolvimentos da indústria da AEC. Apresenta potencial significativo para revolucionar as perspectivas atuais do produto da indústria da construção civil, abrangendo os aspectos de planejamento, projeto, execução, operação e gestão. O BIM consiste em uma nova metodologia de projeto que tem se destacado cada vez mais no mercado de engenharia, tanto nacional como internacional (LIMA, 2019, p.18). Nesse contexto:

É importante destacar que o BIM não é um software: O BIM precisa ser executado através de um software, pois seu conceito visa gerenciar de forma digital todas as informações relacionadas a uma edificação, gerando geometria e dados precisos aos profissionais. Porém, a metodologia não se trata de um software específico - mas sim um modo de trabalho mais moderno e colaborativo, que possibilita maior eficiência em comparação aos métodos tradicionais, pois proporciona mais assertividade na hora de fazer a análise e o controle dos projetos. A metodologia BIM engloba todas as áreas relacionadas a uma construção e cada uma delas possui seus softwares específicos que podem ou não ser compatíveis com o BIM (RUBK, 2021).

As vantagens e desvantagens do sistema BIM são elencadas por Silva, (2019, p.3) conforme Quadro 1. A modelagem BIM é associada à interoperabilidade e ao compartilhamento

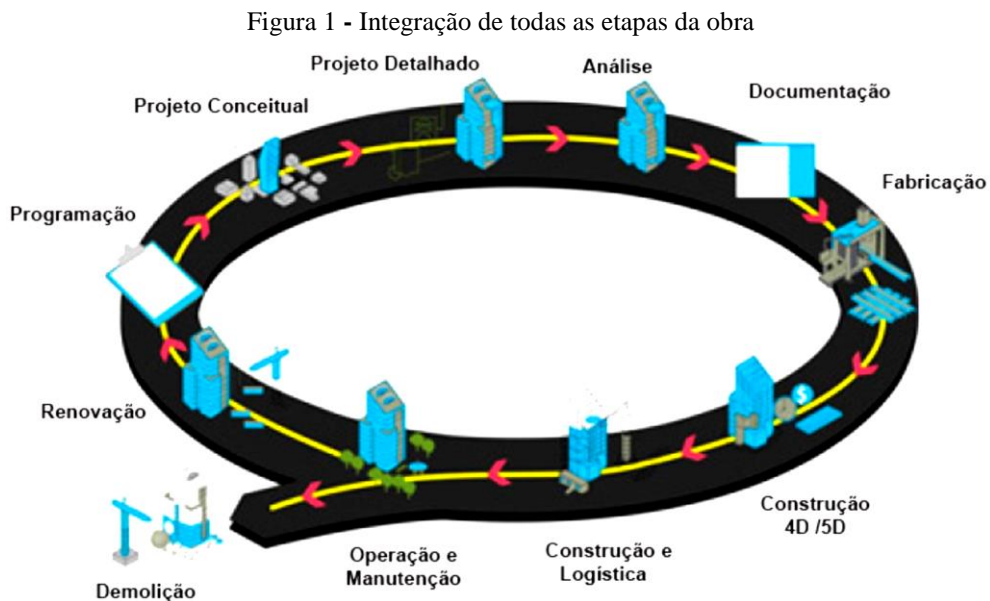
de informações, permitindo a representação, de maneira coordenada e consistente de todas as informações e etapas de uma obra (NUNES, 2018, p.54), ver Figura 1, tornando os processos de projeto ágeis e automáticos. E concomitante a isso, o mercado exigirá qualificação e atualização profissional, absorvendo esse perfil profissional capacitado.

Conforme Silva (2019, p.3), a ferramenta BIM, quando trabalhada em sincronia com as partes envolvidas no projeto (proprietário, engenheiro/arquiteto e construtor), costuma reduzir erros e omissões de projeto e modificações em obra, proporcionando um processo de entrega mais eficiente e confiável, otimizando o prazo e propiciando um empreendimento menos oneroso.

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens do sistema BIM

Vantagens	Possibilita visualização de conflitos e falhas que ocorreriam durante a execução da obra;
	Melhora o controle do cronograma e prazos;
	Permite melhor controle do executor e projetista com o trabalho realizado;
	Economia proporcionada pelos recorrentes erros corrigidos com antecedência;
	Confiabilidade no projeto;
	Compatibilização de projetos
Desvantagens	Custo elevado para aquisição de software;
	Desconfiança do mercado mais antigo;
	Pouca difusão nas Universidades
	Resistência aos sistemas dos novos softwares
	Tempo para adaptação ao novo processo

Fonte: Silva, 2019, p.3



Fonte: Machado, 2015, p.4

O emprego da modelagem BIM pela indústria AEC é embasada na nova geração de ferramentas CAD, embora não se limite a isso (NUNES, 2018, p.50). Vários softwares têm sido lançados no mercado e vêm sendo absorvidos para o desenvolvimento de projetos mais otimizados. O uso do BIM no Brasil tem se desenvolvido lentamente e sua aplicação ainda é incipiente. Diante disso, governos e entidades reguladoras têm criado estratégias e desenvolvido regulações para normatizar e disseminar o uso da tecnologia na construção Civil (NASCIMENTO, 2021).

Um marco importante para o uso do BIM no Brasil se deu com a promulgação do Decreto Federal nº10.306 que traz o BIM como exigência para obras públicas federais como escopo central. Assim, para participar de licitações de obras públicas federais, as construtoras deverão utilizar o BIM como ferramenta para execução dos projetos. Esse decreto amplia a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM prevista no Decreto nº 9.983 de agosto de 2019. Os prazos para implementação foram divididos em três etapas:

- **Etapa 1:** 1º de janeiro de 2021 - exigência de BIM na elaboração de modelos para arquitetura e engenharia nas disciplinas de estrutura, hidráulica e elétrica na detecção de interferências, na extração de quantitativos e na geração de documentação gráfica a partir desses modelos;
- **Etapa 2:** 1º de janeiro de 2024 – o BIM passará a ser utilizado na execução – direta e indireta – de todos os projetos de engenharia e arquitetura, além da gestão de obras novas, reformas, ampliações de grande porte;
- **Etapa 3:** janeiro de 2028 – somando a fase 1 e 2 abrangerá todo o ciclo de vida da obra ao considerar atividades do pós-obra, englobando construções novas, reformas, ampliações, reabilitações, serviços de gerenciamento e de manutenção do empreendimento.

O uso do BIM em obras públicas BIM aumentará a transparência em órgãos públicos e reduzirá a necessidade de aditivos contratuais. Justamente pelo fato de que não deveriam haver atrasos, desperdícios, acidentes e má gestão, o que elevará consideravelmente os custos para os cofres públicos.

2.1.3 Softwares Gráficos na Engenharia Civil e Arquitetura

A indústria da AEC dispõe de uma gama de softwares gráficos para auxiliar na modelagem e desenvolvimento de projetos. Esses softwares estão distribuídos nos sistemas

CAD e BIM, cada qual com suas limitações e potencialidades. A depender das necessidades do mercado de atuação, as empresas vão se apropriando dessas tecnologias.

Não se aprende todos esses softwares no meio acadêmico. Os mais básicos são introduzidos ao longo do curso, e os mais avançados serão vistos e/ou aprofundados apenas nas especializações e aperfeiçoados ao longo da prática profissional, de acordo com o segmento de atuação. Os softwares básicos para engenheiros e arquitetos são os programas para desenho em 2D, do tipo AutoCAD, utilizado para a representação de projetos e detalhamentos; além dos softwares para a modelagem em 3D.

A tendência do mercado é substituir o sistema CAD pelo sistema BIM. Os softwares BIM vão além da representação em 2D e 3D. Juntamente à representação eles contêm os elementos paramétricos necessários para a execução (materiais, etapas construtivas, quantitativos, orçamento, cronograma, especificações técnicas, etc). O Quadro 2 sintetiza os principais softwares gráficos utilizados na indústria da AEC.

Na modelagem CAD, a representação gráfica se dá através de coordenadas geométricas que constituem os elementos, assim, qualquer alteração necessária implica em modificar manualmente todos os objetos (NUNES, 2018, p.50). Já na modelagem BIM, por ser constituída de modelos paramétricos, as alterações são dinâmicas e automáticas, a qualquer momento, em todos os desenhos e componentes da modelagem.

O sistema CAD contém elementos denominados blocos, a ferramenta BIM apresenta objetos caracterizados como famílias (NUNES, 2018, p.51). Esses elementos armazenam informações técnicas específicas dos materiais de construção. Com esses recursos, a ferramenta tem capacidade fornecer cortes e elevações, além acabamentos, áreas, estimativas de cálculo e custos de obra.

Na literatura, ver-se diversos estudos comparativos da tecnologia CAD com a tecnologia BIM, tecnologias que dominam o mercado de projeto nos dias atuais. Obras que utilizam o conceito BIM possuem uma redução de 22% no custo de construção, 33% no tempo de projeto e execução, 33% nos erros em documentos, 38% de reclamações após a entrega da obra ao cliente e 44% nas atividades de retrabalho (MCGRAW HILL CONSTRUCTION, 2012 APUD LIMA, 2019, p.18).

Quadro 2 - Principais softwares gráficos utilizados na indústria da AEC

Tipo	Áreas	Software	Funcionalidade
Desenho 2D		AutoCAD	Representação de projetos e detalhamento.
Modelagem 3D		AutoCAD 3D	Dar volume os desenhos projetados no 2D, girá-los em várias dimensões, aplicar texturas, materiais, iluminação, etc.
		SketchUp	Modelagem 3D, sendo possível importar o desenho 2D feito em CAD.
		Solidworks	Cria modelagens a partir de composições geométricas básicas.
Projetos em BIM	Análise Estrutural	Revit *free.	Criar projeto completo em 3D e extrair perspectivas, pranchas de documentação, tabelas e todos os dados e informações associados a ele.
		Ftool *free	Análise estrutural bidimensional, possibilitando simular variedade de esquemas estruturais e gráficos.
		SAP 2000	Programa de elementos finitos, com interface gráfica 3D, para análise integrada da modelagem e dimensionamento.
		Ansys *free	Simulação multifísica através do Método dos Elementos Finitos e Método dos Volumes Finitos.
	Concreto	Eberick	Programa da AltoQI, análise, dimensionamento e detalhamento de lajes, vigas, pilares, blocos, etc.
		TQS	Sistema integrado e completo para análise, dimensionamento e detalhamento de estruturas.
		CypeCAD	Programa para projeto estrutural, englobando todas as etapas.
	Instalações elétricas	AutoCAD Electrical	Utilizado para projeto de controles elétricos.
		PRO-Elétrica	Utilizado para projeto de instalações elétricas, cabeamento estruturado, SPDA, locação de postes e iluminação de loteamentos e instalação de placas fotovoltaicas.
		Revit MEP *free	Módulo do Revit, com as disciplinas de mecânica, elétrica e hidráulica. Possibilita a modelagem em alto nível de detalhe e coordenar em conjunto com colaboradores de projetos.
	Instalações hidrossanitárias	TigreCAD *free	Aplicativo de apoio nos desenhos técnicos para Esgoto Predial, água fria, água quente.
		PRO-Hidráulica	Software para projetos de instalações hidráulicas e sanitárias.
		Revit MEP	Módulo do Revit que modela e apresenta elementos paramétricos das instalações hidrossanitárias.
	Planejamento e Gestão	Excel	Elaboração de planilhas de planejamento, gestão, orçamento, cronograma, etc.
		MS Project	Desenvolvido pela Microsoft, utilizado para planejamento e gerenciamento de projetos.
		Primavera Construction	Específico para a construção civil, realiza planejamento e gestão de projetos
	Orçamento	OrçaFascio	Desenvolvimento de orçamento mais otimizado
		Sienge	Software de gestão e integração entre planejamento, orçamento e acompanhamento.
		Arquimedes	Programa de geração de orçamentos, planejamento, acompanhamento e controle financeiro.
	Compatibilização	Naviswork	Desenvolvido pela Autodesk, auxilia na análise dos modelos e dados fornecidos de maneira integrada nos projetos, prevendo os problemas e resolvendo na fase de projeto.
		Solibri Model Checker	Possibilita a visualização de problemas antes e durante a construção. Também fornece uma gama de informações que podem ser retiradas ao longo do ciclo de vida da edificação.

Fonte: Seleção Engenharia, 2017

Nunes (2018) realizou um estudo comparativo de tempo e custo de elaboração o de projetos utilizando o método CAD e BIM, adotando como referência uma edificação nos parâmetros construtivos do programa governamental Minha Casa Minha Vida. As informações foram obtidas através do desenvolvimento e alteração dos projetos, em uma etapa fazendo uso do sistema CAD tradicional e em outra empregando a plataforma BIM. Os resultados mostraram que a produção acumulada de todos os projetos conjuntos com o sistema BIM torna o processo 11% mais rápido e rentável que quando empregado somente o método CAD tradicional. Adicionalmente, projetos com eventuais alterações se mostraram 21% mais ágeis e rentáveis na metodologia BIM.

Em seu estudo, (SILVA, 2019) fez uma comparação direta das metodologias CAD e BIM na reprodução de um projeto arquitetônico, com os softwares AutoCAD e Revit. Para isso, especificou os usos e recursos dos sistemas, analisou o custo-tempo para realização do projeto em cada ferramenta e identificou as vantagens e desvantagens. E com isso ele constatou que o Revit apresentou uma vantagem significativa no que diz respeito a reprodução de projetos, demandando 50% tempo em relação ao AutoCAD.

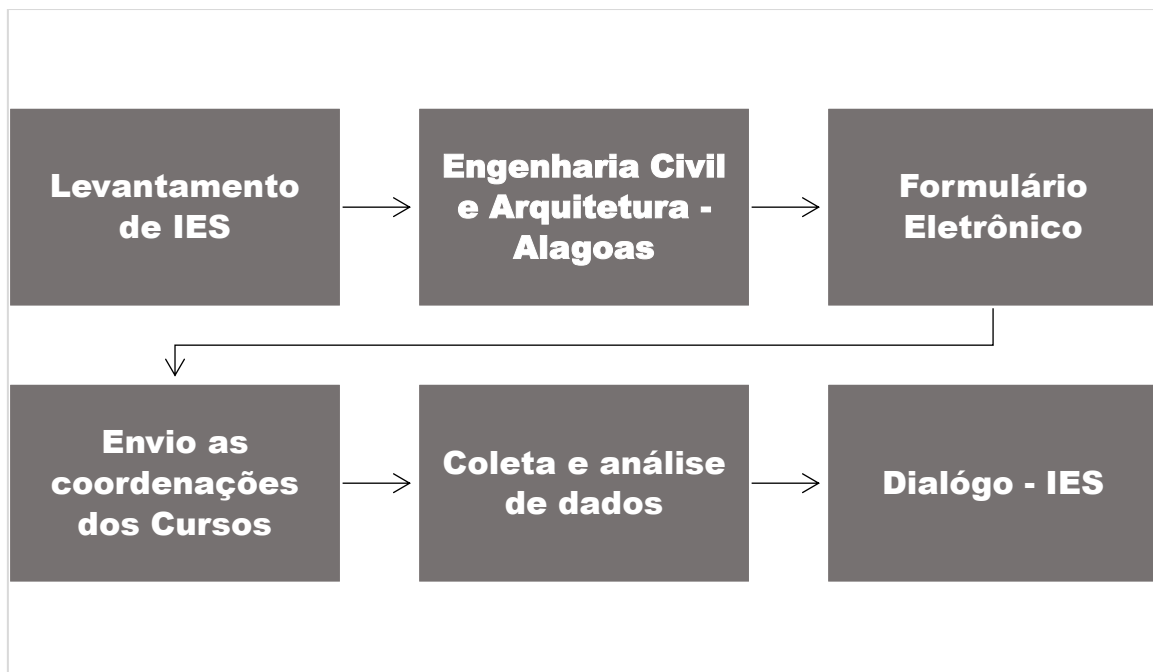
3. METODOLOGIA

3.1 AMOSTRA E REGIÃO PESQUISADA

O objeto de estudo corresponde aos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura ofertados no Estado de Alagoas, na modalidade presencial. O levantamento das IES que ofertam cursos de graduação em engenharia civil e arquitetura foi realizado do site do e-MEC. Após o levantamento das IES foi organizado um questionário semiaberto (em anexo no Apêndice A) relacionado ao uso dos softwares gráficos nos componentes curriculares dos cursos e encaminhado as IES.

As solicitações foram encaminhadas via e-mail para as IES, solicitando endereçamento as coordenações dos cursos e esses orientados a responderem ou ainda, endereçar aos professores, caso julgassem necessário, que utilizam um ou mais softwares nos componentes curriculares específicos. O questionário foi disponibilizado durante o mês de janeiro e permaneceu aberto recendo respostas durante todo o mês. Posteriormente as respostas foram analisadas e discutidas. A Figura 2 apresenta um fluxograma sintetizando as etapas da pesquisa.

Figura 2 - Fluxograma das etapas da pesquisa



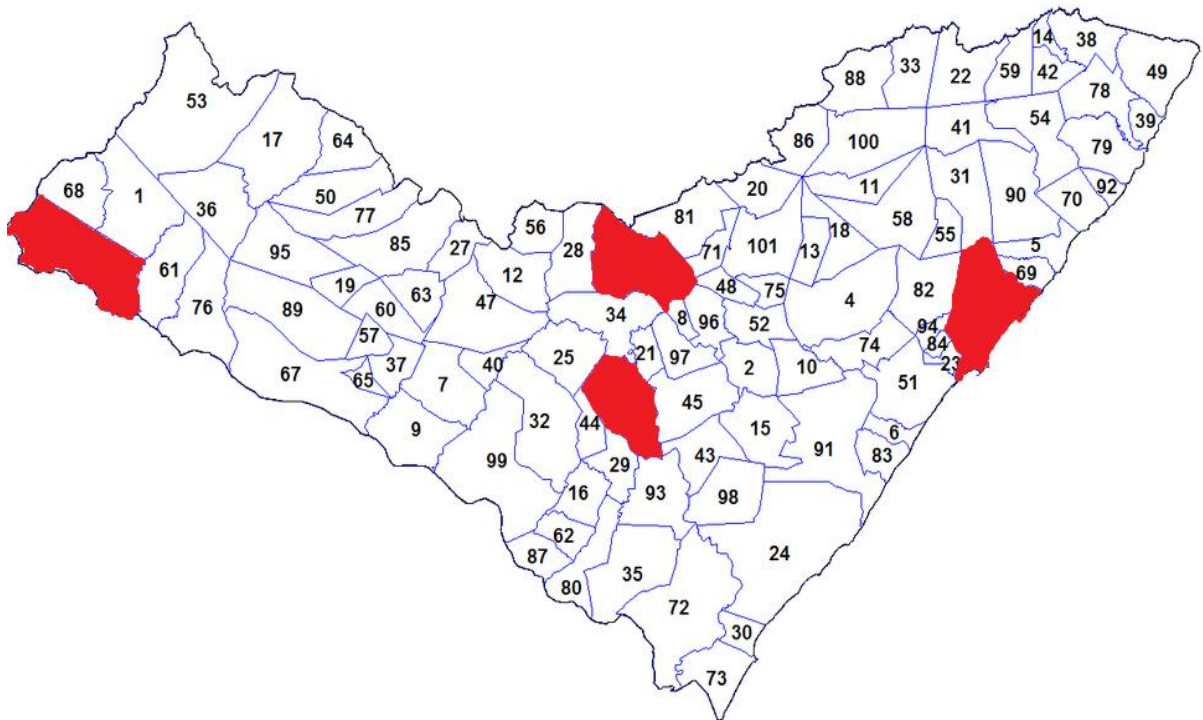
Fonte: Elaborado pela autora

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados obtidos na realização da pesquisa e as discussões pertinentes.

No levantamento realizado obteve-se um número equivalente a 23 cursos de arquitetura e engenharia civil ofertados no estado de Alagoas, na modalidade presencial. Os cursos estão distribuídos em quatro municípios sede, cobrindo o sertão, agreste e litoral, ver Figura 3 e Quadro 3. O litoral, Maceió - Capital do Estado, concentra 80% dos cursos ofertados e atende uma parcela significativa de oferta de vagas.

Figura 3 - Municípios que sediam cursos de Engenharia Civil e Arquitetura



Fonte: <https://emec.mec.gov.br/>

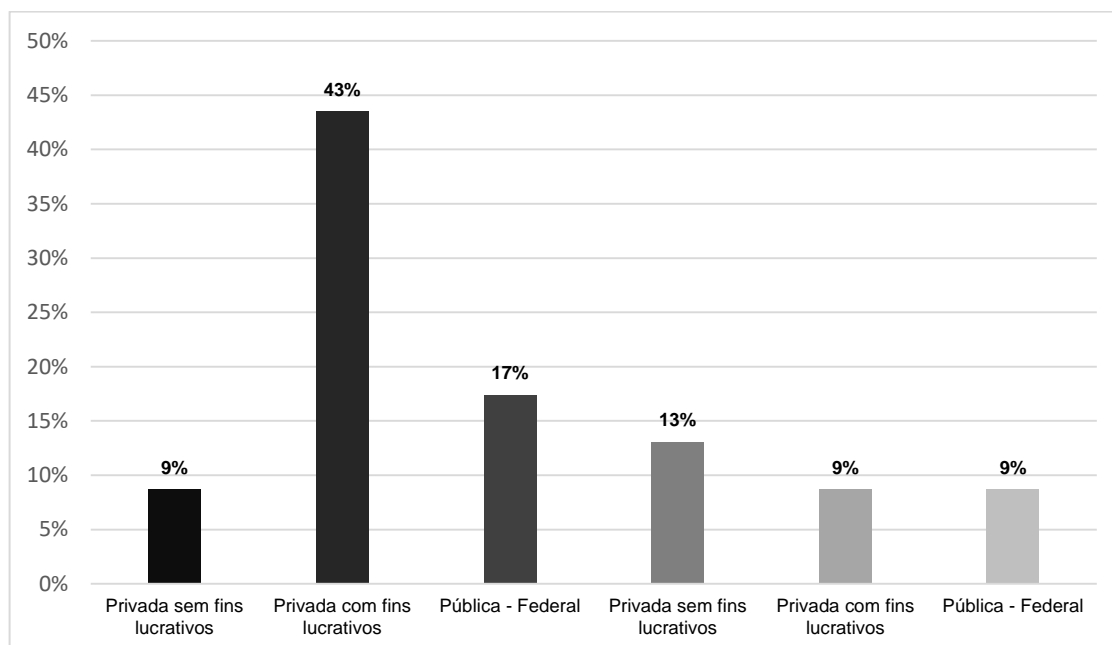
Quadro 3 - IES com oferta de cursos de AEC por cidades

Curso	IES	Cidade
Engenharia Civil	Universidade Federal de Alagoas	Delmiro Gouveia
	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas (IFAL)	Palmeira dos Índios
	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas (IFAL)	Maceió
	Universidade Federal de Alagoas	
	Centro Universitário Mário Pontes Jucá (UMJ)	
	Centro Universitário Tiradentes (UNIT)	
	Centro Universitário CESMAC	
	Centro Universitário Maurício de Nassau de Maceió (UNINASSAU)	
	Faculdade Autônoma do Brasil – Maceió (FBR Maceió)	
	Faculdade de Gestão e Negócios (FGN Maceió)	
	Faculdade Estácio de Alagoas – Estácio FAL (ESTÁCIO FAL)	
	Faculdade Figueiredo Costa – FIC	
	Faculdade Pitágoras de Maceió	
	Faculdade UNIRB – Alagoas (Faculdade UNIRB)	
	Faculdade UNIRB – MACEIÓ (Faculdade. UNIRB)	
	Faculdade UNIRB – ARAPIRACA (Faculdade UNIRB)	
Arquitetura	Universidade Federal de Alagoas	Arapiraca
	Universidade Federal de Alagoas	Maceió
	Centro Universitário Tiradentes (UNIT)	
	Centro Universitário Mario Pontes Jucá	
	Centro Universitário CESMAC	
	Centro Universitário Maurício de Nassau de Maceió	
	Faculdade Pitágoras de Maceió	

Fonte: Elaborado pela autora

No que diz respeito à categoria administrativa das IES, o Gráfico 1 apresenta essa classificação. Para o curso de engenharia civil são 80% de cursos privados e 20% destinados a cursos públicos, já para os cursos de Arquitetura são 71,4% cursos privados e 28,6 cursos públicos.

Gráfico 1 - Categoria administrativa dos cursos da AEC no Estado de Alagoas



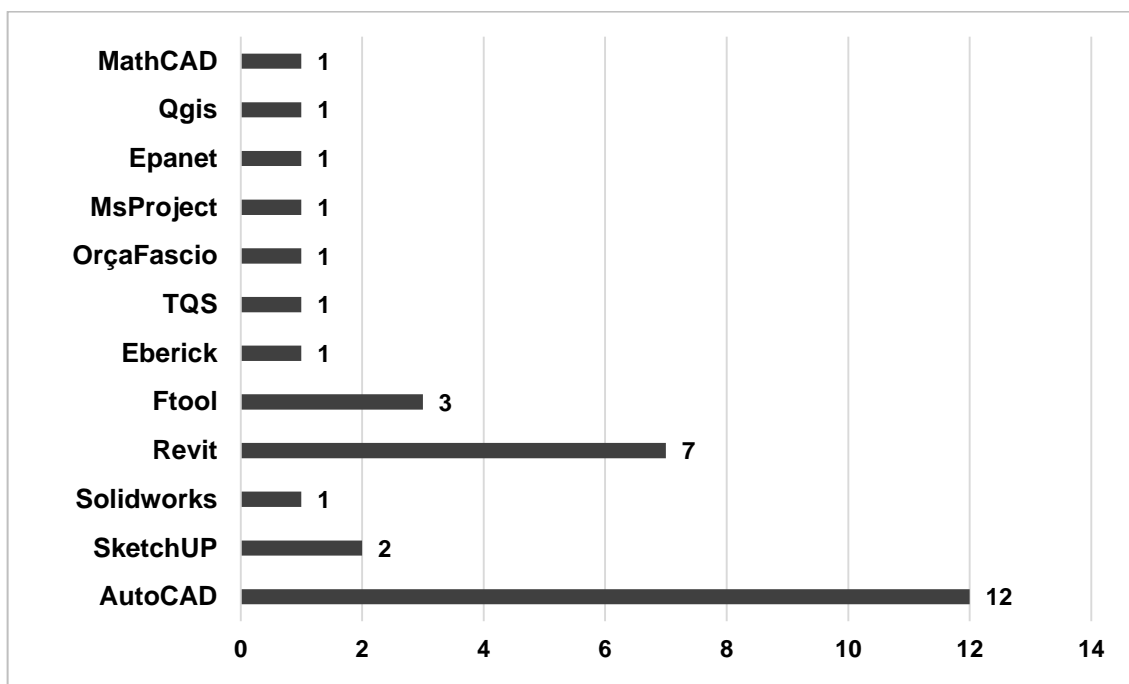
Fonte: Elaborado pela autora

Após o período de um mês com o questionário aberto, a coleta de dados foi encerrada e as respostas analisadas. Obteve-se um retorno de 12 Instituições de Ensino Superior, com destaque para todas as que ofertam cursos na modalidade Pública Federal. Os questionários foram respondidos pelos coordenadores dos cursos e professores.

Os softwares mais utilizados pelas IES são: AutoCAD, Revit, SketchUp, Ftool, Epanet, Eberick, Solidworks, TQS e OrçaFascio. Esses softwares estão inseridos na grade curricular do curso e alguns são introduzidos logo no primeiro ano do curso, a citar o AutoCAD. Os demais vão sendo apresentados ao longo do curso, à medida que as disciplinas específicas vão sendo apresentadas. Além disso, alguns mais específicos são apresentados em disciplinas eletivas e até mesmo nos estágios extracurriculares.

O AutoCAD e o Revit são os softwares mais utilizados pelas IES, conforme reforça o Gráfico 2. A escolha se justifica pelo fato de ambos serem disponibilizados, gratuitamente, aos estudantes de IES cadastradas junto à AutoDesk – empresa que comercializa esses softwares; outros softwares, as IES adquirem a licença paga. Além disso, os docentes geralmente tem domínio no uso dessas ferramentas gráficas e nivelam o ensino-aprendizagem dos alunos, introduzindo concomitantemente com as disciplinas ministradas.

Gráfico 2 - Softwares gráficos mais utilizados pelas IES

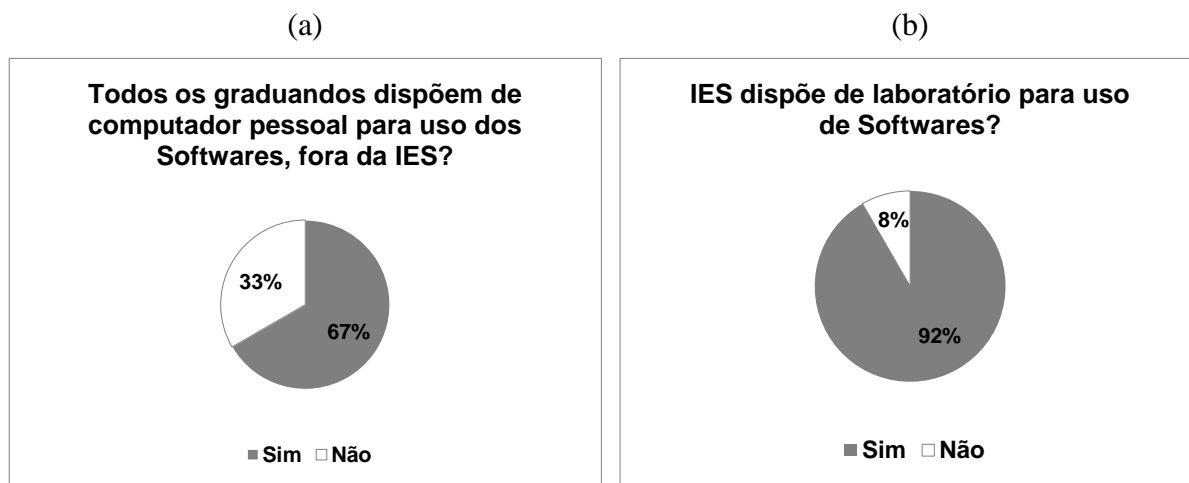


Fonte: Elaborado pela autora

Constatou-se que nem todos os alunos dispõem de computadores pessoais para o uso desses softwares. O Gráfico 3a mostra que cerca de 33% dos graduandos não dispõem de computadores pessoais para aperfeiçoar o uso dos softwares fora das IES, no seu ambiente domiciliar para aperfeiçoar o uso dos softwares e possibilitar um domínio maior sobre as ferramentas gráficas. Nesse sentido, Libâneo (2021, p.3) salienta que as práticas pedagógicas implicam necessariamente decisões e ações que envolvem o destino humano das pessoas, requerendo projetos que explicitem direção de sentido da ação educativa e formas explícitas do agir pedagógico.

Conforme apresentado no Gráfico 3b, cerca de 90% das IES possuem laboratórios de informática equipados para o ensino-aprendizagem durante essas aulas práticas, bem como dispõe de agendamento para os discentes que não têm computadores poderem utilizar em horários extra aula. Há ainda, em algumas IES, oferta de editais que concedem auxílio para a aquisição desses equipamentos, apesar de não apresentar regularidade definida, contempla discentes nessas condições.

Gráfico 3 - Meios de acesso dos graduandos aos softwares gráficos



Fonte: Elaborado pela autora

As IES afirmaram que buscam dialogar com mercado de trabalho sobre as tendências tecnológicas na indústria AEC e sobre os profissionais que eles buscam. Esse diálogo é feito pelos gestores das IES, bem como pelos professores por meio da participação e oferta de eventos com profissionais e empresas. Embora ainda não sejam os meios ideais para promover mudanças significativas é a constatação do que pode ser feito e auxilia o núcleo docente estruturante do curso a estudar melhorias e adaptações ao projeto pedagógico, atendendo às demandas das diretrizes curriculares dos cursos.

Constatou-se, a partir das respostas obtidas que não há grande interação Universidade-Mercado de trabalho, sendo necessário ampliar a visão das IES e das empresas no que se refere à importância da interação entre si. A criação de incubadoras, programas de pesquisa e em parcerias com empresas do ramo fortaleceriam essa interação. Conforme constatado por Berni (2015, p.17), ações efetivas de formalização dessa interação parecem ser pouco conhecidas e os meios disponíveis são morosos e possuem certo grau de complexidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os softwares gráficos alavancaram o desenvolvimento da indústria da AEC, tanto do ponto de vista técnico quanto de produtividade na modelagem e desenvolvimento de projetos. A representação gráfica de elementos da engenharia vem evoluindo ao longo das décadas, motivado principalmente pelas demandas de mercado e difusão de tecnologias. Sendo os fatores decisivos nesse processo de evolução a utilização da tecnologia, a qualificação e a especialização profissional.

Resultantes desse processo evolutivo de softwares gráficos há o sistema CAD e o sistema BIM. Cada qual com suas vantagens, potencialidades elencadas no desenvolvimento desta pesquisa. Os softwares gráficos largamente utilizados na indústria da AEC são introduzidos aos profissionais durante sua formação no âmbito acadêmico. As IES incorporam os mais diversos softwares gráficos presentes no mercado aos componentes curriculares dos cursos, de modo a nivelar os conhecimentos demandados pelo mercado, e ao longo da atuação profissional cada qual se aperfeiçoa conforme as necessidades de sua área.

Com a pesquisa constatou que os softwares gráficos estão inseridos nos componentes curriculares do Projeto Político Pedagógico dos Cursos, com ênfase nos softwares do sistema CAD e uma abordagem ainda incipiente nos softwares do sistema BIM. O AutoCAD e o Revit são os mais usuais tendo em vista a disponibilização gratuita aos estudantes de IES cadastradas junto à Autodesk – empresa que comercializa esses softwares. Além disso, os docentes geralmente tem domínio no uso dessas ferramentas gráficas e nivelam o ensino-aprendizagem dos alunos, introduzindo concomitantemente com as disciplinas ministradas.

As IES têm buscando dialogar com o mercado de trabalho e entender as demandas requeridas em termos de inovações tecnológicas na indústria da AEC, apesar de não ser visível grande interação. Faz-se necessário ampliar a visão de que essa interação é importante e auxilia no ajuste do currículo acadêmico e na formação profissional. O software CAD ainda é o mais utilizado tendo em vista a sua consolidação no mercado e nos currículos acadêmicos. O BIM ainda vem sendo utilizado de forma moderada e introduzido lentamente nos currículos acadêmicos, impulsionado necessidade de atender às constantes mudanças tecnológicas na área da AEC.

Como trabalhos futuros, podem-se ampliar o público pesquisado estendendo a coleta de dados para os discentes dos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura de modo a aumentar a percepção dos diferentes públicos diretamente envolvidos no processo de formação

profissional. Sugere-se também estudar o comportamento regional da formação proporcionada pelos cursos ofertados nas três regiões geográficas do Estado de Alagoas, tendo em vista que a dinâmica de cada região influi diretamente no comportamento, desafios e oportunidades disponíveis aos sujeitos envolvidos no processo formativo.

REFERÊNCIAS

BERNI, J. C. A.; GOMES, C. M.; PERLIN, A. P.; KNEIPP, J. M.; FRIZZO, K. Interação Universidade-Empresa para a inovação e a transferência de tecnologia. **Revista GUAL**, Florianópolis, v. 8, n. 2, p.258-277, 2015.

BRASIL. Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020. Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n.65, p. 5, 2 abr. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.306-de-2-de-abril-de-2020-251068946>. Acesso em: 05 fev. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Cadastro Nacional de Cursos e Instituições de Educação Superior Cadastro e-MEC**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 21 dez. 2017. Disponível em: <https://emec.mec.gov.br/>. Acesso em: 17 dez. 2022.

COSTA, G. C. L. R.; FIGUEIREDO, S. H.; RIBEIRO, S. E. C. Estudo comparativo da tecnologia CAD com a Tecnologia BIM. **Revista de Ensino de Engenharia**, Minas Gerais, v. 34, n.2, p.11-18, 2015.

LIBÂNEO, J. C. As teorias pedagógicas modernas revisitadas pelo debate contemporâneo na educação. In: LIBÂNEO, J. C.; SANTOS, A. (org.). **Educação na era do conhecimento em rede e transdisciplinaridade**. 4 ed. Campinas: Alínea, 2021. P.15-58.

LIMA, J. P. A. **Aplicação da metodologia BIM para estudos de Obras de infraestrutura de transporte**: estudo de caso – projeto de pavimentação da via sc-436. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

MACHADO, F. A.; MOREIRA, L. C. S. O uso de ferramentas BIM na otimização do método de avaliação do ciclo de vida da edificação. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2015. p. 1-12.

MOHR, M. Primeira norma de BIM no Brasil – ABNT NBR 15965. *Mais Engenharia*, (s.l.), 2017, *online*. Disponível em: <https://maisengenharia.altoqi.com.br/sem-categoria/primeira-norma-de-bim-no-brasil-abnt-nbr-15965/>. Acesso em 19 dez. 2021.

NASCIMENTO, D. L. M. Normatização BIM: a importância das normas ISO na aplicação da tecnologia. CERTI, (s.l.), 2021, *online*. Disponível em: <https://certi.org.br/blog/normatizacao-bim/>. Acesso em: 12 jan. 2022.

NUNES, G. H.; LEÃO, M. Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional e a modelagem BIM. **Revista de Engenharia Civil**, Mato Grosso, n. 55, p. 47-61, 2018.

O que é BIM? (s.l.), online. Disponível em: https://www.rubk.com.br/o-que-e-bim/?utm_source=o-que-e-bim&utm_medium=referral&utm_campaign=o-que-e-bim. Acesso em: 19 dez. 2021.

Primeira norma de BIM no Brasil. **AltoQi**, (s.l.), *online*. Disponível em: https://lp.altoqi.com.br/wp-content/uploads/2020/07/artigo_primeira_norma_bim_brasil_nbr_15965-1_2011.pdf. Acesso em: 12 jan. 2022.

PACHECO JR., W. BIM é o futuro da construção civil? Decreto federal estabelece o uso do BIM em obras públicas. **Obra prima**, (s.l.), 2020, online. Disponível em: <https://blog.obraprimaweb.com.br/decreto-federal-estabelece-o-uso-do-bim-em-obras-publicas>. Acesso em: 19 dez. 2021.

SILVA, J. P.; FERNANDES, R. T. V. **Análise comparativa de produtividade entre os sistemas CAD e BIM na elaboração de projetos arquitetônicos**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2019.

36 Softwares para engenheiros indispensáveis para sua carreira. **Seleção Engenharia**, (s.l.), 2017, online. Disponível em: <https://selecaoengenharia.com.br/blog/36-sofwarees-para-engenheiros-indispensaveis-para-sua-carreira/>. Acesso em: 26 jan. 2022.

APÊNDICE

APÊNDICE A – FORMULÁRIO

**USO DE SOFTWARES GRÁFICOS PELOS CURSOS DE ENGENHARIA CIVIL É
ARQUITETURA EM IES DO ESTADO DE ALAGOAS**

Prezada IES,

O presente formulário visa obter dados referentes ao uso de softwares gráficos pelos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura ofertados pelas IES do Estado de Alagoas. Os dados serão utilizados exclusivamente para a escrita de TCC de um curso de Especialização realizado no Instituto Federal de Alagoas, mantendo-se o sigilo. Desde já, agradecemos pela colaboração.

1. Nome da Instituição de Ensino Superior - IES:

- Centro Universitário CESMAC (CESMAC);
- Centro Universitário Mario Pontes Jucá (UMJ)
- Centro Universitário Maurício de Nassau de Maceió (UNINASSAU)
- Centro Universitário Tiradentes – UNIT
- Faculdade Autônoma do Brasil – Maceió – FBR Maceió
- Faculdade de Gestão e Negócios de Maceió – FGN Maceió
- Faculdade Estácio de Alagoas – Estácio FAL
- Faculdade Figueiredo Costa – FIC
- Faculdade Pitágoras de Maceió
- Faculdade UNIRB Alagoas
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas - IFAL
- Universidade Federal de Alagoas
- Outra: _____

2. Natureza Jurídica:

- Privada com fins lucrativos
- Privada sem fins lucrativos
- Pessoa Jurídica de Direito Público – Federal

3. Nome do(a) Coordenador(a) do curso:

4. Você é:

- Professor
- Coordenador
- Professor e Coordenador

5. Contato da coordenação do curso:

6. A IES oferta graduação em:

- Engenharia Civil
- Arquitetura

7. Quais softwares estão inseridos nas disciplinas da matriz curricular do curso?

- AutoCAD
- SketchUp
- Solidworks
- Revit
- ArchiCAD
- Ftool
- Eberick
- TQS
- CypeCAD
- TigreCAD
- MS Project
- OrçaFascio
- Naviswork
- Outros: _____

8. Porque a IES adota esse(s) softwares?

9. Em qual ou quais disciplinas os softwares gráficos são introduzidos?

10. Em qual semestre do curso cada software é apresentado?

11. A IES dispõe de laboratório equipado para o uso desse(s) softwares?

Sim

Não

12. Todos os graduandos dispõem de computador pessoal para aperfeiçoar o uso dos softwares, fora da IES?

Sim

Não

13. Quando o aluno não tem computador pessoais, como a IES consegue auxiliá-lo para nivelar o conhecimento no uso do software?

14. A IES dialoga/interage com o mercado de trabalho sobre as tendências tecnológicas na indústria da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção)?

Sim

Não

15. Caso a resposta da questão 15 tenha sido Sim, como tem sido essa interação?

16. Deseja complementar alguma resposta das questões anteriores ou deixar alguma sugestão?
