



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ROSEMBERG DOS SANTOS PIMENTA

**CONSTRUÇÃO DE PLANILHA AUTOMATIZADA PARA ANÁLISE,
DIMENSIONAMENTO E DETALHAMENTO DE VIGA BI APOIADA EM
CONCRETO ARMADO.**

MOSSORÓ - RN

2024

ROSEMBERG DOS SANTOS PIMENTA

**CONSTRUÇÃO DE PLANILHA AUTOMATIZADA PARA ANÁLISE,
DIMENSIONAMENTO E DETALHAMENTO DE VIGA BI APOIADA EM
CONCRETO ARMADO.**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semiárido como
requisito para obtenção do título de
Bacharelem Engenharia civil.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Gomes
de Amorim Neto - UFERSA

MOSSORÓ - RN

2024

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência (SIR)

P644c Pimenta, Rosemberg dos Santos. Construção de Planilha Automatizada para Análise, Dimensionamento e Detalhamento de Viga Bi Apoiada em Concreto Armado. / Rosemberg dos Santos Pimenta. - 2024. 52 f. : il. Orientador: Raimundo Gomes de Amorim Neto. Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil, 2024. 1. Automatização. 2. AutoCAD. 3. Excel. 4. Vigas. 5. Dimensionamento. I. Neto, Raimundo Gomes de Amorim , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador
automático em conformidade com AACR2 e os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação
e Referência

Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

ROSEMBERG DOS SANTOS PIMENTA

**CONSTRUÇÃO DE PLANILHA AUTOMATIZADA PARA ANÁLISE,
DIMENSIONAMENTO E DETALHAMENTO DE VIGA BI APOIADA EM
CONCRETO ARMADO.**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: ____ / ____ / 2024.

BANCA EXAMINADORA

Raimundo Gomes de Amorim Neto, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

John Eloi Bezerra, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Anderson Geovany de Lucena Silva, Engenheiro Civil
Membro Examinador

*Dedico esse trabalho ao meu pai
Raimundo Haroldo Pimenta (In
Memoriam), com todo amor, carinho e
gratidão.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, a quem merece toda honra e glória, pelo folego de vida que tem me permitido até aqui, agradecer também que mesmo diante das circunstâncias e batalhas enfrentadas ao longo de todo o curso até a realização deste trabalho.

Quero também expressar a minha gratidão a minha mãe Glória, mulher guerreira que me apoiou nesta trajetória do curso, em momentos que sempre incentivou para não desistir nas horas em que mais chegou o desânimo. Gratidão também a toda minha família que sempre me deram apoio e incentivaram a chegar na conclusão deste curso de graduação e o início de novas conquistas, aprendizagem e uma nova carreira.

Nesta oportunidade deixo aqui a minha gratidão aos meus colegas/amigos de trabalho, onde fazem parte da minha formação como profissional e incentivo no curso, cada momento que compartilhamos de aprendizado e desenvolvimento pessoal até concluir este momento na faculdade.

Obrigado a todos por cada momento, incentivo, aprendizagem, conselhos, por tudo, este trabalho é nosso!

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido por meio de um programa da Microsoft Excel automatizada para análise, dimensionamento e detalhamento de vigas em concreto armado. Através de pesquisas acadêmicas buscou-se o desenvolvimento de um produto computacional usando o Excel como ferramenta (planilha) simples que acoplando-a ferramenta CAD, que contribua para o dimensionamento das áreas de aço das vigas e no seu cálculo estrutural. Sendo assim uma forma de produtividade mais ágil para o engenheiro no contexto para seus projetos no dia a dia e execução, continuamente o mercado de trabalho tem se desenvolvido com softwares sofisticados, mas que para adquirir faz – se necessário ter recursos financeiros elevados, no entanto para quem está iniciando ao mercado de trabalho como profissional da área de engenharia e sem ter acesso aos programas necessários, terá uma contribuição onde auxiliará para o seu desenvolvimento profissional.

Palavras-chave: AUTOMATIZAÇÃO. AUTOCAD. EXCEL. VIGAS. DIMENSIONAMENTO.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura em concreto armado.	17
Figura 2 – Estrutura em madeira.	18
Figura 3 – Concretagem de Laje.....	19
Figura 4 – Mistura do Concreto.....	20
Figura 5 – Estruturas de Concreto Armado.	21
Figura 6 – ABNT NBR 6118.....	22
Figura 7 – Cargas uniformemente distribuídas.....	23
Figura 8 – Combinações de serviço.....	24
Figura 9 – Viga T em Ponte.....	25
Figura 10 – Características mecânicas destinados a armadura de concreto armado.	28
Figura 11 – Taxa mínima de armadura de flexão para vigas com seção transversal retangular.....	30
Figura 12 – Programa Microsoft Excel	30
Figura 13 – Visual Basic Application (VBA) do Excel	31
Figura 14 – Arquivo e Opções do Excel.....	32
Figura 15 – Personalizar Faixa de Opções do Excel	33
Figura 16 – Guia do Desenvolvedor do Excel.....	33
Figura 17 – Visual Basic Application (VBA) do Excel	34
Figura 18 – AutoCAD.	36
Figura 19 – Início da construção dos dados do projeto.	37
Figura 20 – Dados iniciais para dimensionamento.....	38
Figura 21 – Cálculo das áreas dos materiais.....	39
Figura 22 – Cálculo das coordenadas da posição dos pontos.....	40
Figura 23 – Criação de Macro no VBA.....	41
Figura 24 – Comando line (linha).....	42
Figura 25 – Comando da Macro para interligar ao CAD	42
Figura 26 – Desenho da viga no CAD.....	43
Figura 27 – Novas coordenadas para line (linha)	44
Figura 28 – Armadura negativa	45
Figura 29 – Armadura positiva.....	45
Figura 30 – Detalhamento do estribo	46
Figura 31 – Armadura positiva e negativa.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AUTOCAD	Computer Aided Desing
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
NBR	Normas Brasileiras Regulamentadoras
VBA	Visual Basic Application

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	JUSTIFICATIVA	13
1.2	OBJETIVOS.....	14
1.2.1	Objetivo geral	14
1.2.2	Objetivo específicos	14
2	METODOLOGIA.....	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1	CONSTRUÇÃO CIVIL	16
3.2	ESTRUTURAS.....	17
3.3	CONCRETO	18
3.4	CONCRETO ARMADO.....	20
3.5	VIGAS.....	24
3.5.2	DIMENSIONAMENTO DE VIGAS	25
3.5.3	DIMENSIONAMENTO DAS ARMADURAS	27
3.6	PROGRAMA MICROSOFT EXCEL	30
3.6.2	ATIVANDO O VISUAL BASIC APPLICATION (VBA) EXCEL.....	32
3.6.3	VISUAL BASIC APPLICATION (VBA) NO EXCEL.....	34
3.6.4	AUTOCAD (COMPUTER AIDED-DESING)	35
4	IMPLEMENTAÇÃO DO ACOPLAMENTO EXCEL/AUTOCAD	37
4.1	DADOS INICIAIS A PARTIR DO EXCEL	37
4.1.1	CONFIGURAÇÃO DE COMANDO GERAL	37
4.1.2	CONFIGURAÇÃO DA LINHA DE COMANDO PARA CAD	41
4.1.3	APLICAÇÃO DOS COMANDOS DE DESENHO AUTOMATIZADO NO CAD	43
5	RESULTADOS	48

6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
	REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo a tecnologia foi se desenvolvendo e se tornando cada vez mais avançada, isso sendo distribuídas por todos locais do mundo com benefícios e vantagens para diversas áreas. Com novas modalidades a construção civil vem se atualizando cotidianamente, utilizando cada vez mais essas tecnologias em aprimoramento contínuo em suas obras, na atualidade é possível fazer cálculos de dimensionamentos muito precisos quando analisando as estruturas em concreto armado. A forma com que estamos avançando em desenvolvimento tecnológico faz com que tenhamos a necessidade de se atualizar através de curso de formação para os nossos profissionais da área, sendo assim capaz de utilizar as ferramentas com eficiência e autonomia suficiente.

Para os engenheiros e profissionais da área da construção civil, há a necessidade de agilidade para executar projetos e suas demandas, com isso os softwares são de grande valia na produtividade e desenvolvimento, fazendo assim com que a automatização nos processos sejam cada vez mais buscado para executar projetos. Já existem uma diversidade de softwares diferentes que auxiliam neste sentido, remindo esforços e o tempo gasto para ações repetitivas. Com essa capacidade de aprimorar esses recursos de forma eficiente, uma disposição de dados de forma organizada através de planilhas e relatórios. Nesse estudo foram usados o Excel e o AutoCAD para automatizar esse projeto.

Nos dias de hoje o Excel e AutoCAD são ferramentas inseparáveis dos profissionais, logo a sua automatização se torna algo essencial na sua adequação, pois como usam linhas de comandos onde temos como interagir entre esses softwares, porém é necessário mais do que apenas simples comandos, a teoria tem que andar de comum acordo com as práticas, onde o profissional é indispensável devido à apresentação dos dados obtidos ele analisar se estão coerentes as informações recebidas através do software.

A norma ABNT NBR 6118:2023 será onde encontraremos as informações necessárias na qual faremos uso nos projetos, de acordo com o estabelecido por ela, onde foram testados e feitos estudos/análises até chegar na padronização necessária para o nosso caso as estruturas em concreto armado. Neste sentido, o trabalho tem como objetivo o estudo de se criar uma automatização entre o CAD e Excel, onde seja

implementado as formulações aqui estudadas, e reproduza na interface do CAD o desenho que teria de ser feito mecanicamente seguindo passo a passo. A partir desse desenvolvimento, busca – se que a sua produtividade cresça significativamente e receba uma agilidade ampla na sua execução, evitando possíveis transtornos causados por atrasos eventuais nas obras e de possíveis erros.

1.1 JUSTIFICATIVA

No cenário atual, a indústria da construção civil vem crescendo ao longo dos anos, em especial após ter passado pelo enfrentamento do desafio deste período da pandemia do COVID-19. Neste sentido, faz-se necessário o desenvolvimento tecnológico na implementação de modo que reduzam o prazo de construção e acelerem o processo de fabricação de unidades habitacionais. O projeto de estruturas de concreto é uma das tarefas fundamentais no contexto da construção civil, assim a constante busca por meios de aceleração em sua concepção se mostra fundamental.

A construção civil necessita cada vez mais de projetos dinâmicos, assim a justificativa desde trabalho se enquadra na necessidade de uma maior agilidade seja no projeto em suas diversas etapas, ou até mesmo visando atender a situações onde se mostra inviável a compra de programas mais sofisticados (e caros) para realização da tarefa de projetar estruturas de concreto, sobretudo pesando em profissionais recém inseridos no mercado tão disputado.

Com o avanço das tecnologias atuais, em que os projetos tem um papel fundamental desde o momento do planejamento de um sonho a ser realizado até a sua entrega, são através destes que podemos acompanhar e desenvolver cada detalhe da execução da obra. Por meio destes, é capaz de unir segurança, qualidade e desempenho, eficiência e sustentabilidade as quais estará sendo efetuado no decorrer da construção, assim é evidente alguns passos do empreendimento a serem analisados antecipadamente.

Quando utilizado softwares para aplicar simulações de otimização e correções, cronogramas e planejamento detalhado do decorrer deste período de realização. Este trabalho é importante pois irá auxiliar o engenheiro (a) no dimensionamento das áreas de aço e nos cálculos das vigas, proporcionando uma agilidade e melhor adequação no

tempo estabelecido para as demandas. Espera-se com o trabalho um ganho de produtividade, no contexto de dimensionamento de vigas em concreto armado.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O trabalho tem como objetivo, todo o estudo que envolve a produção de uma planilha automatizada para cálculo estrutural (desde a fase de modelagem até o detalhamento) de vigas de concreto armado.

1.2.2 Objetivo específicos

- Modelagem estrutural dos problemas de vigas simples;
- Obtenção da resposta da análise estrutural, por meio de momento fletor (M) e força cortante (V), para problemas de vigas bi apoiadas;
- Dimensionamento das referidas vigas em concreto armado, por meio do cálculo das áreas de aço (armadura longitudinal para a flexão) e área dos estribos (armadura transversal para o cisalhamento);
- Acoplamento da planilha para o detalhamento automatizado para CAD (Computer Aided Design).

2 METODOLOGIA

O trabalho ora apresentado envolve uma pesquisa de desenvolvimento de um produto computacional simples com base em fontes acadêmicas, para o desenvolvimento de planilha eletrônica com uso do EXCEL e acoplamento com a ferramenta CAD.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil é um dos principais setores que movimentam toda a cadeia da economia das diversas áreas da construção, são pilares fundamentais para todo o seu desenvolvimento na sociedade, pois abrange as áreas desde as obras de engenharia, infraestrutura, construções e reformas diversificada. Obras como por exemplo, em estradas, aeroportos, casas, residências, pavimentação, saneamento, e dentre outras áreas da zona rural a zona urbana, de estradas até edifícios. Sendo considerado que desde o momento do planejamento de hipóteses de como serão realizado o projeto, o gerenciamento que terá na obra até a sua execução final, que foi instituída para realização.

A construção civil gera oportunidades para o crescimento econômico da sociedade desde empregos até as execuções das obras, melhorando e aprimorando as estruturas das diferentes partes constituídas na construção. Considerando que ao longo de toda estrutura a ser executada, são necessário passos regulamentados, que no Brasil são realizados através de normas, leis e instruções de responsabilidade dos órgãos reguladores e fiscalizadores que são: a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA). Será necessário antes de iniciar as obras algumas providências como documentações e autorização pelos órgãos fiscalizadores, a execução das estruturas deve ser primeiramente aprovada pelo órgão (ou não) competente municipal, sendo assim destinados para os profissionais desta área, nos quais devem estarem devidamente registrados nos conselhos responsáveis.

Pode-se a partir daí iniciar as execuções necessárias da obra na construção civil, que serão destinados aos responsáveis engenheiros/técnicos para executar e fiscalizar cada passo especificado:

- Planejar e projetar a obra;
- Executar;
- Fundações e estruturas;
- Manutenção.

3.2 ESTRUTURAS

Estruturas são sistemas construídos que suportam e distribuem cargas, garantindo estabilidade e segurança em edificações e outras construções. Quando falado em obras encontramos alguns tipos de estruturas evidentes nas construções, metálicas, concreto, concreto armado, pré-moldadas, madeira, estruturas de edifícios, pontes, viadutos, barragens, entre outros, cada uma com sua finalidade específica na obra e de diferente forma de moldagem, algumas necessitam de uma trabalhabilidade mais rigorosa que outras. Representada através de imagens alguns dos tipos de estruturas das obras (Figura 01).

Figura 1–Estrutura em concreto armado.



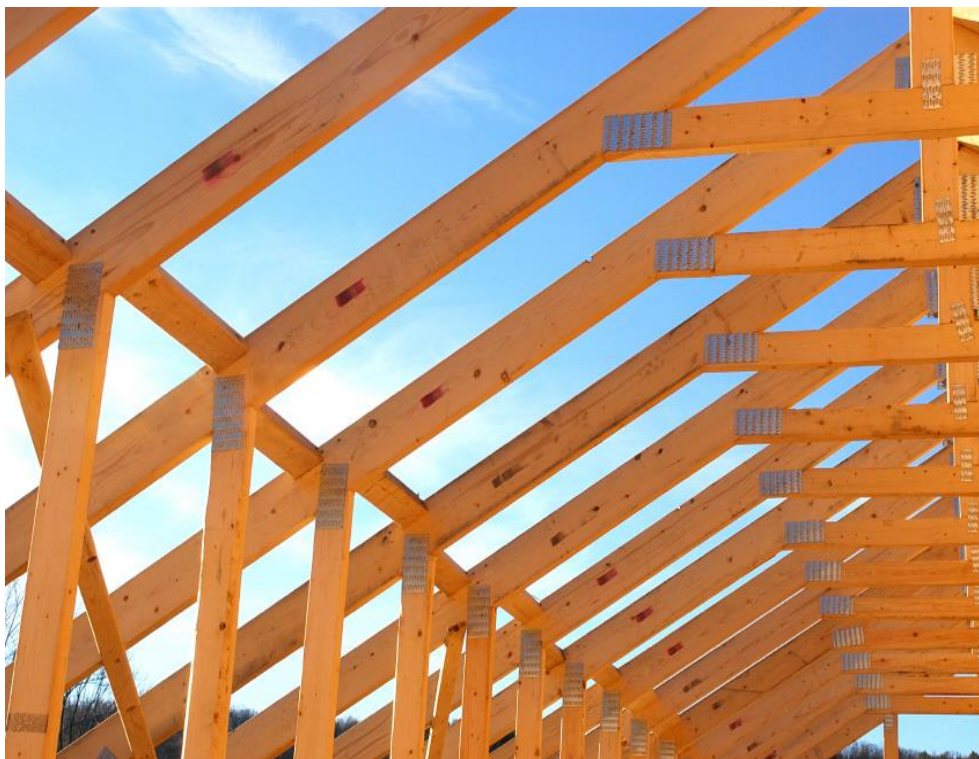
Fonte: Superbid, (2024)

Aqui no Brasil, as estruturas mais usuais são as de madeira, metálicas e concreto armado. Para cada detalhe na confecção de uma das estruturas, encontramos os prós e contra partida estruturalmente analisado em sua execução.

As estruturas de madeiras são mais comuns em detalhes nas residências como telhados, pisos, acabamentos de portas, janelas, mezaninos e entre outros. Na Figura 02 temos vigas e pilares para uma melhor compreensão da estrutura de madeira. Já as

estruturas metálicas são usualmente utilizadas quando se tem uma necessidade de resistência, durabilidade, tem uma flexibilidade as tensões aplicadas, um exemplo disso são os grandes arranha-céus.

Figura 2–Estrutura em madeira.



Fonte: Lajoteiro, (2024)

3.3 CONCRETO

Um material como o concreto se torna essencial para toda a construção, devido ser adequável a cada situação, a sua trabalhabilidade e forma de ser moldada nos locais aos quais irá ser necessário a alocação do mesmo, a sua durabilidade e com sua adequada manutenção se tornam um material de uma resistência incomparável, porém com custos elevados.

Para alguns autores como Silva (2019), o concreto são materiais que compõe uma mistura entre agregados miúdos e graúdos, que serão misturados em água e cimento, criando uma pasta fluida e/ou umas mais grossas dependendo onde vai ser aplicado o concreto, como por exemplo, se aplicado em lajes e/ou pilares requer uma

certa fluidez necessária para preencher as lacunas vazias dos materiais, na Figura 03 conseguimos ver melhor esta aplicação.

Figura 3– Concretagem de Laje.



Fonte: Metro do concreto usinado, (2024)

Em para Tuan (2018), o concreto apresenta sua composição e propriedades simultâneas. Os agregados graúdos e miúdos são compostos por areia, pedras, britas, aos quais estarão proporcionados para a mistura/concreto uma resistência e cada partícula vai preenchendo as lacunas vazias dos materiais. A água e o cimento já formam a pasta a qual fará a ligação entre os compostos das partículas associadas. Para algumas ocasiões também podemos encontrar os chamados de aditivos, que serviram para aumentar a pega ou diminuir a pega, isto irá depender com qual a finalidade está sendo usado de retardar ou acelerar o serviço que está sendo aplicado, modificando assim as suas propriedades. Temos sua alta resistências a cargas, pressões, corrosão, durabilidade, sem falar na sua alta versatilidade de uso em diversas áreas, formatos, vários tamanhos e etc. Na Figura 04ilustrada mostra o procedimento da mistura do concreto.

Figura 4– Mistura do Concreto.



Fonte: Guia do Construtor, (2024)

3.4 CONCRETO ARMADO

O concreto armado é uma composição a qual faz a junção do concreto com o aço, no objetivo de utilizar suas propriedades para o aperfeiçoamento na construção civil, onde se consiga suportar cada vez mais maiores cargas tanto de compressão como tração. Onde um dos materiais tem um déficit e outro faz esta compensação, por exemplo, no requisito de compressão o concreto é uma ótima solução, porém deixa a desejar um pouco na parte da tração, onde o aço já tem uma resistência elevada, fazendo com que aliados se tornem um material com uma durabilidade elevada e com elevada eficiência. Na Figura 05 representada abaixo demonstra as definições das estruturas em concreto armado e suas propriedades.

Figura 5– Estruturas de Concreto Armado.



Fonte: Viva Decora (2024)

Contudo para que isto ocorra é necessário seguir os padrões exigidos pelas normas estabelecidas através dos critérios, estudos e análises. Para a sociedade brasileira a ABNT NBR (Associação Brasileira de Normas Técnicas) são o órgão responsável por elaborar cada uma destas normas, com auxílio das ONS (Organismos de Normalização Setorial), do CB (Comitês Brasileiros) e CEE (Comissões de Estudos Especiais). As estruturas de concreto armado têm a sua norma específica para regimentar e regularizar todo o seu procedimento, essa norma tem o título de NBR 6118:2023 Projeto de Estruturas de Concreto Armado. Abaixo representada pela Figura 06, a mesma teve a sua atualização recentemente no ano de 2023 com algumas alterações feitas.

Figura 6 – ABNT NBR 6118.



Fonte: Adaptado da NBR 6118 (2023)

Desta forma toda a regulamentação organizada pela NBR 6118:2023 pela qual traz cada ponto e sua necessidade de ser executado nas estruturas de concreto armado, para este trabalho vamos precisar de alguns pontos desta norma para ser analisado e calculado, comumente para resistirem as forças/esforços verticais e horizontais nas estruturas. Entretanto é comum a estrutura convencional serem feita de forma que suas cargas sejam distribuídas através dos pilares (esforços verticais) até a fundação e as vigas que irão transferir os seus esforços nos pilares, sendo assim todos esses esforços combatidos pela estrutura de concreto armado, tanto para os movimentos que esteja causando momentos de tracionamento, como quando estiverem sendo comprimidas.

O dimensionamento da estrutura em concreto é onde iniciam todo um panorama pra análise e definição para toda a estruturação, a partir daí prossegue com os cálculos de cargas que atuaram nesta estrutura, as dimensões que irão suportar cada carregamento nos apoios, a forma com que cada elemento estará reagindo e distribuindo os seus esforços equilibradamente respeitando seu estado limite, detalhando assim as armaduras nas vigas de concreto e quais as barras de aço necessárias.

Através da NBR 6120 nos estipula valores para as cargas distribuídas por metro quadrado, como mostra a Figura 07 as condições específicas das cargas acidentais e permanentes. Tais informações estão apresentadas no formato de tabelas as quais constam valores dependendo de qual seja a estrutura da edificação para fins de calcular suas devidas cargas.

Figura 7–Cargas uniformemente distribuídas.

Local		Carga uniformemente distribuída kN/m ²	Carga concentrada kN
Cozinhas não residenciais ^a	Validar caso a caso, respeitando o valor mínimo indicado nesta Tabela	3	—
	Câmara fria	5	—
Depósitos de uso geral ^a As cargas devem ser validadas caso a caso, porém com os valores mínimos indicados nesta Tabela.	Validar caso a caso, respeitando o valor mínimo indicado nesta Tabela	7,5 kN/m ² até 2,5 m de altura de estoque + 3 kN/m ² por metro de altura de estoque excedente ^P	^q
	Locais sujeitos ao acúmulo de mercadorias, incluindo zonas de acesso: Materiais de armazenagem (ver 6.9) Supermercados (ver item nesta Tabela)	7,5	^q
Edifícios residenciais	Dormitórios	1,5	—
	Sala, copa, cozinha	1,5	—
	Sanitários	1,5	—
	Despensa, área de serviço e lavanderia	2	—
	Quadras esportivas	5 ^a	—
	Salão de festas, salão de jogos	3 ^a	—
	Áreas de uso comum	3 ^a	—
	Academia	3 ^a	—
	Fôrro acessíveis apenas para manutenção e sem estoque de materiais	0,1 ^{a,f}	—
	Sótão	2 ^a	—
	Corredores dentro de unidades autônomas	1,5	—
	Corredores de uso comum	3	—
	Depósitos	3	—
	Áreas técnicas (ver item nesta Tabela)		
	Jardins (ver item nesta Tabela)		

Fonte: Adaptado da NBR 6120 (2019)

Através destas informações é possível calcular as cargas permanentes da edificação, pois sabendo que essa carga será aquela que não varia com o tempo, como peso próprio da estrutura, temos também todas as cargas que já são fixas nos projetos como paredes estruturais, alvenarias, instalações e dentre outros elementos envolvidos em toda estrutura. Entretanto já as cargas acidentais são aquelas que ficam variando no decorrer de sua utilização, como por exemplo, móveis, pessoas, transportes, equipamentos variados e etc. Para cada tipo de material usado na construção das edificações tem uma sua carga predefinida para ser feitos os cálculos, em alguns casos usa-se a condição mais desfavorável possível, isto pode ser visto na NBR 6120 no item 2.2.1.4 que vai citar a questão no projeto de telhados e todos os seus elementos estruturais. Representado assim pela Figura 08 desta norma.

Figura 8—Combinações de serviço

Material		Peso específico aparente (kN/m ³)	Ângulo de atrito interno
1 Materiais de construção	Areia com umidade natural	17	30°
	Argila arenosa	18	25°
	Cal em pó	10	25°
	Cal em pedra	10	45°
	Calça	13	-
	Cimento	14	25°
	Clinker de cimento	15	30°
	Pedra britada	18	40°
	Seixo	19	30°
2 Combustíveis	Carvão mineral (pó)	7	25°
	Carvão vegetal	4	45°
	Carvão em pedra	8,5	30°
	Lenha	5	45°
Material		Peso específico aparente médio (kN/m ³)	Ângulo de atrito interno
3 Produtos agrícolas	Açúcar	7,5	35°
	Arroz com casca	5,50	36°
	Aveia	5	30°
	Batatas	7,5	30°
	Café	3,5	-
	Centeio	7	35°
	Cevada	7	25°
	Farinha	5	45°
	Feljão	7,5	31°
	Feno prensado	1,7	-
	Frutas	3,5	-
	Fumo	3,5	35°
	Milho	7,5	27°
	Soja	7	29°
	Trigo	7,8	27°

Fonte: Adaptado da NBR 6120 (2019)

3.5 VIGAS

As vigas são constituídas de vários tipos de matérias, elas têm por finalidade absorver as cargas e transmiti-las para os pilares e conseqüentemente ser destinada até as fundações das obras. Essas trabalham de forma integrada entre o concreto e a armadura nelas compostas, quando ocorre a aderência do concreto com o aço isso acarretará uma resistência entre os materiais, isto ocorre devido ao fenômeno físico-químicos das reações de pega do cimento. Existem inúmeros fatores que provocam este tipo de aderência, desde as condições das barras até mesmo aderência mecânica ou por atrito.

Existem alguns tipos de vigas de concreto, tem as retangulares as quais serão voltadas para este trabalho, temos no formato de vigas T, vigas L. Para o caso das vigas T são utilizadas quando há necessidade de vencer grandes vãos estruturais, como por exemplo, em pontes (Figura 09).

Figura 9– Viga T em Ponte.



Fonte: Repositório Universidade Tecnológica Federal do Paraná, (2024)

Já as vigas em formato L são usualmente utilizados em fundações e/ou como estruturas de apoios para sustentação.

As vigas em concreto armado é o que dará sustentação e estabilizará toda a construção, um bom projeto estrutural bem detalhado será indispensável no momento de sua execução, por fazer com que todos os seus parâmetros sejam utilizados e bem dimensionados cada detalhe das vigas em concreto armado. Faz-se necessário os cálculos para ser dimensionado e detalhado cada elemento estrutural das vigas em concreto armado para que seja executado corretamente a sua estrutura, de acordo com as especificações da norma vigente, a NBR 6118:2023.

3.5.2 DIMENSIONAMENTO DE VIGAS

Contudo, o dimensionamento de uma viga em concreto armado requer cálculos e análises essenciais para que nossa viga venha a ter segurança, compatível com as cargas que serão atribuídas em cada necessidade para qual seja projetada estruturalmente, que a

sua função seja exercida corretamente, assim como seguindo os padrões especificados pela NBR 6118:2023.

A princípio para o dimensionamento de uma viga é necessário seguir os seguintes passos:

- Coleta de dados – Baseia – se em fazer um estudo e/ou identificar as cargas que serão associadas nesta viga, as permanentes, acidentais (variáveis) analisando todos os possíveis casos para a viga, verificar as dimensões do vão onde será aplicado esta viga delimitado através do projeto arquitetônico.
- Escolher uma possível seção transversal – Para isso temos alguns formatos que a NBR cita nas construções de vigas, podemos escolher em formatos de T, retangulares. A geometria terá a finalidade de conseguirmos as dimensões para iniciar os cálculos da estrutura na viga, por exemplo, a base e sua altura, as quais a norma nos dá instruções de como proceder detalhadamente para determinamos o que é necessário em cada vão.
- Cálculo das cargas e momento fletor – Com a coleta de dados feita e as possíveis dimensões da viga estipulada, iniciamos o cálculo das cargas totais que serão as cargas permanentes (g) e as cargas acidentais (q); calculada da seguinte forma:

$$C = g + q$$

Onde:

C = cargas totais que a viga suportará

G = cargas permanentes na viga

Q = cargas acidentais (variáveis) que atuam na viga

Pra obter o momento fletor em vigas bi apoiadas, calcula – se através da fração da carga uniformemente distribuída na viga, multiplicado pelo seu comprimento elevado ao quadrado, tudo isso dividido por oito, chegando ao resultado do momento fletor máximo para a viga bi apoiada.

$$M = \frac{w * l^2}{8}$$

Onde:

M = momento fletor na viga bi apoiada

L = comprimento do vão da viga

W = cargas totais

- Cálculo do esforço cortante –Pode – se calcular o esforço cortante para os apoios das vigas através fração da carga uniformemente distribuída, multiplicado pelo comprimento da viga, dividindo todo este valor por dois, sendo assim obtido os valores para cada apoio da viga.

$$V = \frac{w * l}{2}$$

Onde:

V = esforço cortante na seção da viga

W = cargas totais

L = comprimento do vão da viga

3.5.3 DIMENSIONAMENTO DAS ARMADURAS

É fundamental que o dimensionamento da armadura cumpra corretamente as especificações que a norma NBR 6118 recomenda, pois através desta será dimensionado a quantidade de armadura transversal e longitudinal, estipular qual será a armadura necessária para a viga, sua quantidade e também seu posicionamento.

Conforme especifica a norma pode – se definir os valores atribuídos para a resistência do concreto (f_{ck}), estes valores podem variar dependendo da intensidade que será necessário, a resistência pode variar desde a baixa até a ultra – alta, como por exemplo, em vigas usa - se um f_{ck} de alta resistência que tem seus valores entre 40 Mpa e 80 Mpa.

Através NBR 7480:2023 que são os requisitos para que se destinam as armaduras para concreto armado, com essa norma analisamos os requisitos destinados para fios e barras dispostos na Figura 10 abaixo, que se fará indispensável no momento das escolhas do tipo de aço e sua resistência, a partir desta verificação/escolha podemos iniciar o dimensionamento das armaduras da viga em concreto armado, estes dados serão utilizados para os cálculos inserido em uma planilha do Excel.

Figura 10– Características mecânicas destinados a armadura de concreto armado.

Categoria do aço	Valores mínimos de tração				Ensaio de dobramento ^g		Ensaio de aderência	
	Resistência característica de escoamento ^a f_{yk} MPa ^b	Limite de resistência ^b f_{st} MPa ^e	Alongamento após ruptura em 10 ϕ ^c A %	Alongamento total na força máxima ^d A_{gt} %	Diâmetro do pino ou cutelo mm		Coeficiente de conformação superficial mínimo η	
					$\phi < 20$	$\phi \geq 20$	$\phi < 10 \text{ mm}$	$\phi \geq 10 \text{ mm}$
CA-25	250	1,20 f_y	18	–	2 ϕ	4 ϕ	1,0	1,0
CA-50	500	1,10 f_y	8	5	3 ϕ	6 ϕ	1,0	1,5
CA-60	600	1,05 f_y ^f	5	–	5 ϕ	–	1,0	1,5

^a Valor característico do limite superior de escoamento f_{yk} obtido a partir do LE ou δ_E da ABNT NBR ISO 6892-1.
^b O mesmo que resistência convencional à ruptura ou resistência convencional à tração (LR ou δ_t da ABNT NBR ISO 6892-1).
^c ϕ é o diâmetro nominal, conforme 3.5.
^d O alongamento deve ser verificado por meio do critério de alongamento após ruptura (A) ou alongamento total na força máxima (A_{gt}).
^e Para efeitos práticos de aplicação desta Norma, pode-se admitir 1 MPa = 0,1 kgf/mm².
^f f_{st} mínimo de 660 MPa.
^g O ensaio de dobramento deve ser feito a 180° conforme a ABNT NBR 17005.

Fonte: Adaptado da NBR 7480 (2023)

Entretanto, a NBR 6118 nos traz as informações necessárias destinadas para ser calculado as armaduras longitudinais e transversais. As resistências mais comumente utilizadas para estruturas de concreto armado são o aço CA-50 que contém sua resistência f_{yd} de 435 Mpa ou CA-60 com a sua resistência f_{yd} de 500 Mpa.

- Área de Aço necessária – Precisa ser calculado as áreas de aço para a viga em concreto armado, então para calcular a área de aço necessária iremos utilizar a condições estipuladas pela norma para que seja calculado através da equação:

$$A_s = \frac{M}{f_{yd} * z}$$

Onde:

M = momento de cálculo da viga

f_{yd} = resistência de cálculo do aço

z = braço de alavanca (que é 0,8*d devido ser retangular)

- Área de Aço mínima – A norma 6118 estabelece esses padrões específicos devido os estudos feitos, ensaios, nos quais foram verificados a necessidade

desta armadura mínima pois ela apresentará uma resistência em locais nas vigas onde na ocasião de cálculo não foram considerados, com isto podemos estabelecer os pontos básicos que foram citados através das normas para seus pré-requisitos, as funcionalidades específicas do concreto armado, com isso, conseguimos evitar que ocorram as rupturas repentinas devido a sua fragilidade em determinados locais das vigas e levando em consideração a necessidade do material ter a ductilidade garantida nas prescrições da NBR, neste caso o concreto armado.

Para isso podemos calcular a armadura mínima, onde a sua área de aço quando dividida pela área de concreto da viga que está sendo estabelecido no dimensionamento inicial para projeto não podendo ser inferior a 0,15%.

$$\rho_{\min} = \frac{A_s}{A_c} \geq 0,15\%$$

Onde:

A_s = área de aço

A_c = área de concreto

$\rho_{\min}$ = taxa de armadura mínima

- Área de Aço máxima –Logo, a armadura máxima não poderá exceder o valor de 4% quando somadas armaduras calculadas para tração e também na compressão, contudo isto deve ocorrer dentro da seção transversal dimensionada para a viga.

$$A_{s,t} + A_{s,c} \leq 4\% * A_c$$

Onde:

$A_{s,t}$ = área de aço tracionada

$A_{s,c}$ = área de aço comprimida

A_c = área de concreto

A norma apresenta uma tabela com as informações das taxas mínimas de armaduras para vigas com seção retangular, que é o estudo em questão para esse trabalho, conforme apresentada na figura 11 abaixo.

Figura 11– Taxa mínima de armadura de flexão para vigas com seção transversal retangular.

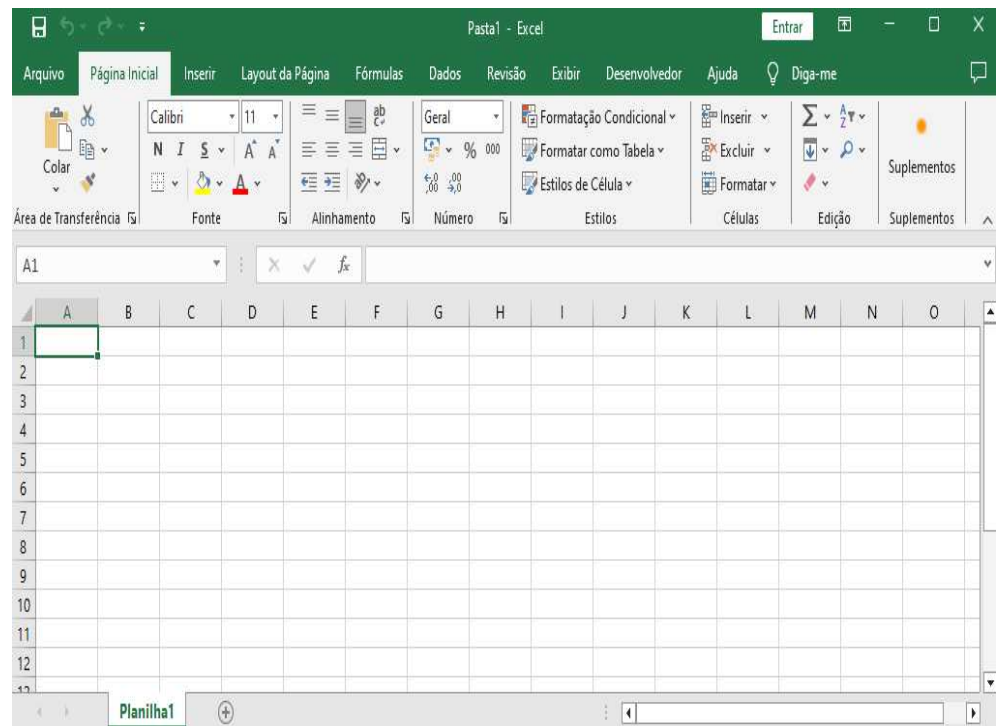
f_{ck} MPa	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
$\rho_{min} = A_{s,min}/A_c$ %	0,150	0,150	0,150	0,164	0,179	0,194	0,208	0,211	0,219	0,226	0,233	0,239	0,245	0,251	0,256
a Os valores de ρ_{min} estabelecidos nesta Tabela pressupõem o uso de aço CA-50, $d/h = 0,8$ e $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$. Caso esses fatores sejam diferentes, ρ_{min} deve ser recalculado.															

Fonte: Adaptado da NBR 6118:2023.

3.6 PROGRAMA MICROSOFT EXCEL

A Microsoft desenvolveu o programa do Excel por volta do ano de 1987, que são usadas para gerar relatórios, cálculos, a partir dos dados que são repassados na planilha eletrônica. É possível gerar gráficos, tabelas, analisar uma diversidade de dados, essas planilhas se tornaram essenciais para todo tipo de situação, desde um simples cálculo até um gerenciamento complexo de dados de fornecedores/empresas, a Figura 12 abaixo apresenta como é o programa da Microsoft Excel.

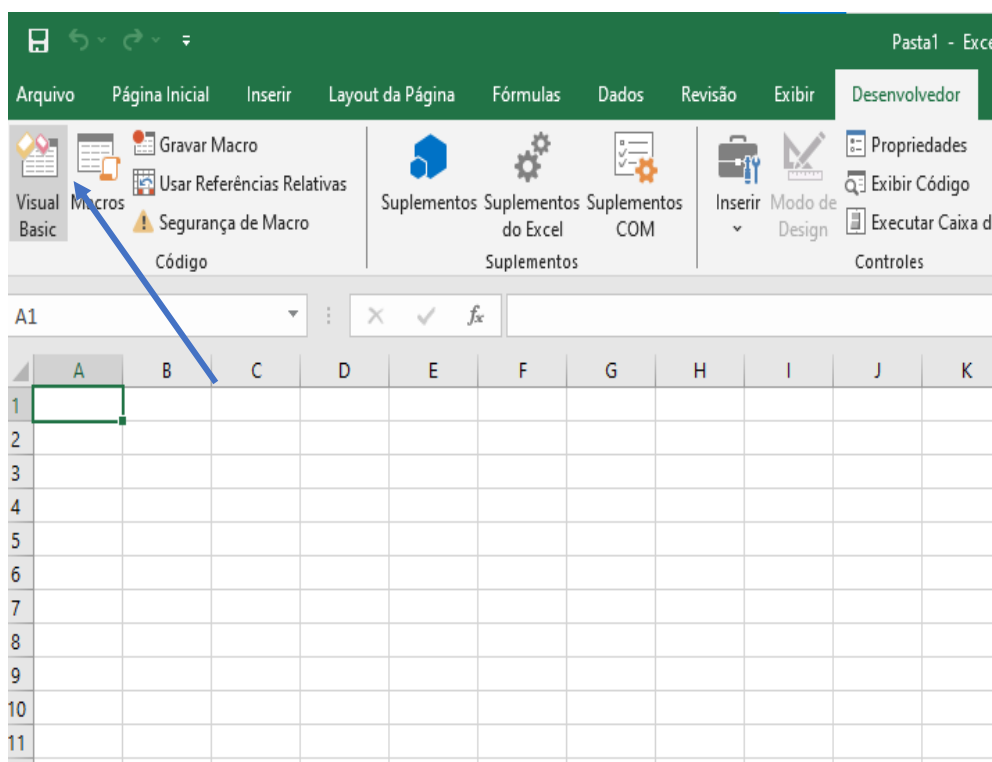
Figura 12–Programa Microsoft Excel



Fonte: Adaptado do Microsoft Excel.

O programa da Microsoft Excel tem uma estruturação dinâmica através de células que são enumeradas e colunas sendo enumeradas pelas letras do alfabeto. Pode se utilizar o programa Microsoft Excel desde funções básicas até as funções mais complexas através do VBA (Visual Basic Application), é com essas ferramentas que se desenvolveu os comandos necessários para que o Excel se comunique diretamente com o CAD e as informações que serão apresentadas no AutoCAD visualmente, para uma automatização dos desenhos da viga para estrutura de concreto armado. O VBA é uma das formas de programação que podem ser usadas ou que integram as funções do Microsoft Excel, fazendo com que se consiga aplicar determinadas funções de otimização para automação de planilhas, gerenciamento dos cálculos com uma infinidade de dados, através da criação de macros a partir do VBA.

Figura 13– Visual Basic Application (VBA) do Excel



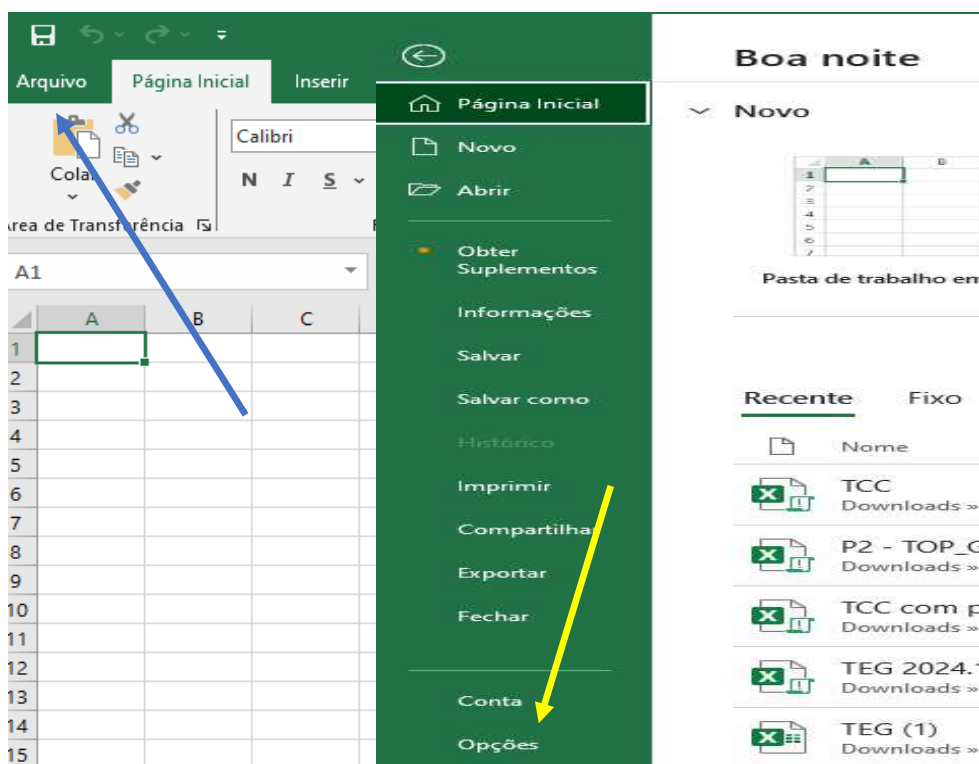
Fonte: Adaptado do Microsoft Excel.

3.6.2 ATIVANDO O VISUAL BASIC APPLICATION (VBA) EXCEL

O VBA não vem ativo direto na barra de ferramenta do programa Microsoft Excel, serão necessários alguns procedimentos para ativar as funções no Excel, que por padrão não estão habilitados.

- Ao iniciar o programa da Microsoft Excel, no canto superior esquerdo e ao clicar irá abrir na barra de ferramentas a opção arquivos, logo após localize mais opções. Essas informações farão com que o processo de manipular os dados necessário para a criação do desenho automatizado seja feito pela macro, criado através de sub rotina no VBA.

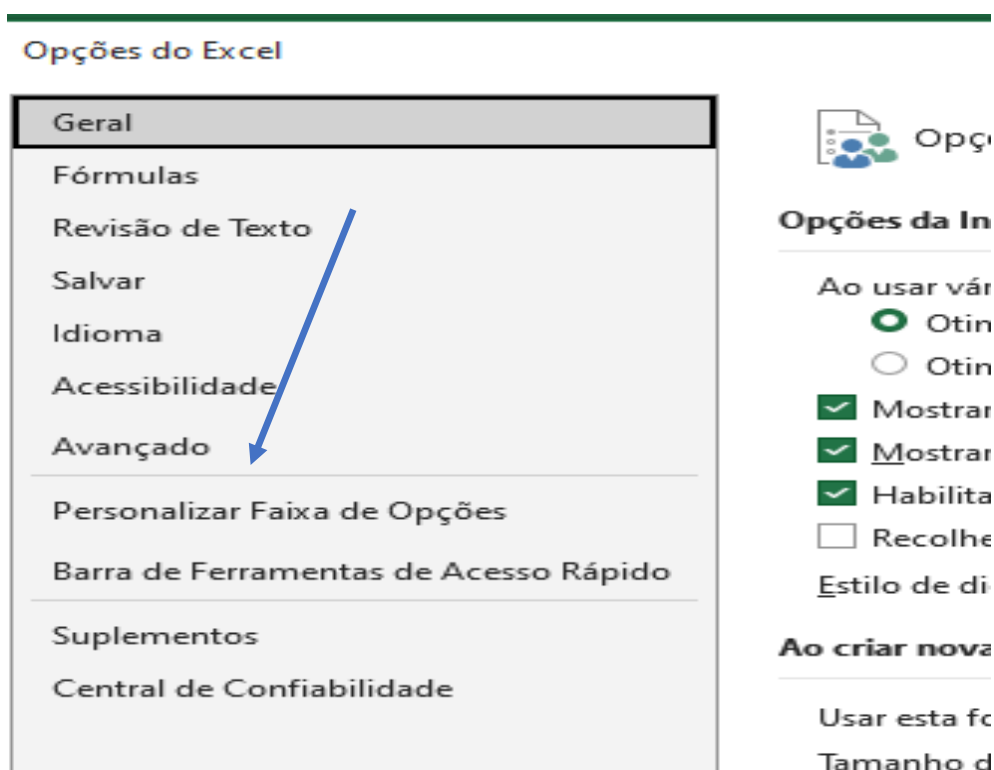
Figura 14– Arquivo e Opções do Excel.



Fonte: Adaptado do Microsoft Excel.

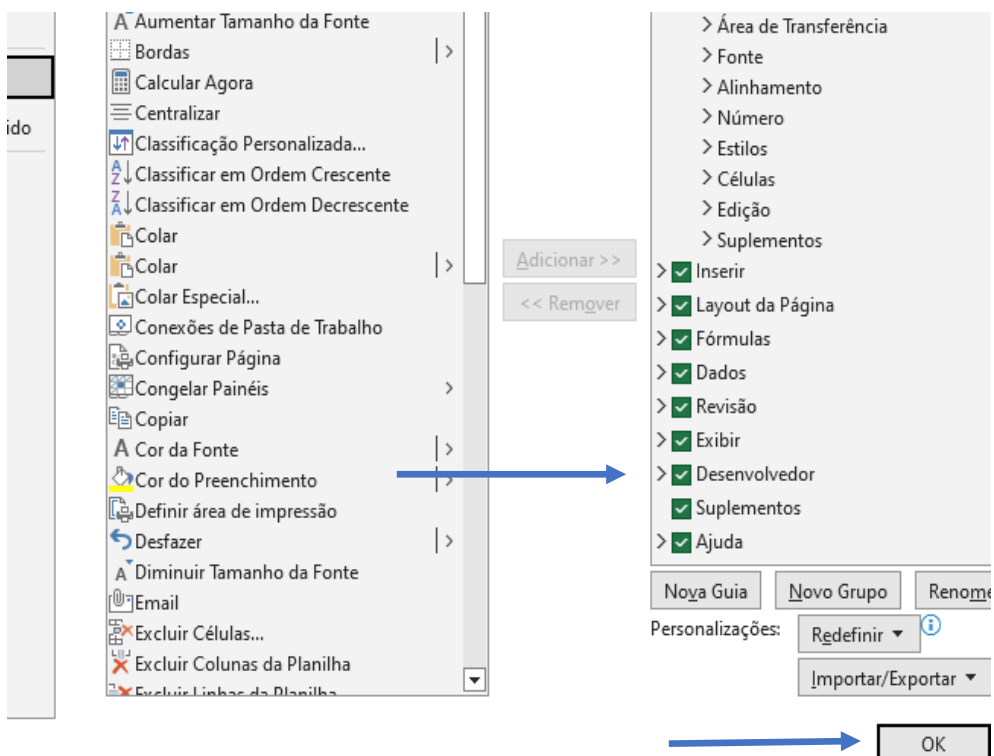
- Em seguida irá abrir uma nova janela com uma barra lateral à esquerda, clique em faixa personalizada e ative guia do desenvolvedor, após isto volte para página inicial do Excel. Portanto, ao ativar a guia do desenvolvedor, temos acesso ao VBA no Excel e consequentemente estará sendo criado as macros, através de comandos/códigos de programação para este caso do trabalho.

Figura 15– Personalizar Faixa de Opções do Excel



Fonte: Adaptado do Microsoft Excel.

Figura 16– Guia do Desenvolvedor do Excel



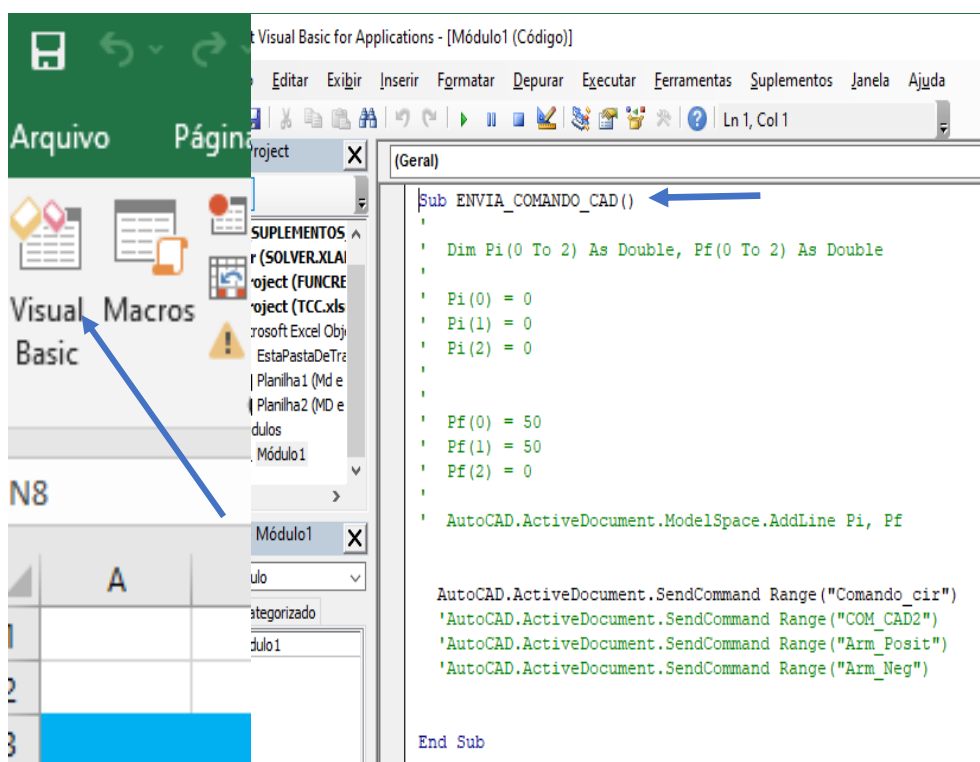
Fonte: Adaptado do Microsoft Excel.

- Logo é possível criar as macros, fazer edições no VBA, como escrever e editar o código ao qual está sendo criado. Isso será bastante útil a partir de agora para o desenvolvimento dos comandos iniciais na estruturação da automatização para CAD, pois definirá algumas possíveis informações de adequação para ser projetado o desenho da armadura e a viga em concreto armado. As definições para padronizar estes desenhos são especificados pela NBR 6118:2023

3.6.3 VISUAL BASIC APPLICATION (VBA) NO EXCEL

Através do VBA ativo, amparado com as dimensões das vigas e seus eventuais cálculos, passa a gerar códigos que leiam estes valores na condição do programa Microsoft Excel, conforme apresenta a Figura 17. Feito uma sub rotina no VBA, criado um botão no Excel onde foi atribuído a macro criada, o mesmo terá a finalidade de que quando clicar nele, gere o desenho automaticamente no AutoCAD, conforme foi especificado dentro do VBA do Excel.

Figura 17–Visual Basic Application (VBA) do Excel



Fonte: Adaptado do Microsoft Excel.

Quando se trata de automatização do Excel para AutoCAD, estamos simplesmente falando em criarmos uma ligação e utilização de suas ferramentas de forma a aprimorar os processos dos comandos e na agilização dos dados fornecidos para a criação do desenho no AutoCAD, é possível fazer estas manipulações através de scripts, VBA e outras ferramentas que tenha um diálogo ou consigam obter a troca de informações entre estes softwares (Excel/AutoCAD). Então teremos como gerar listas, criarmos desenhos automaticamente, gerar os relatórios, com isso, tanto o AutoCAD, como no Excel será lido as informações de forma clara e com essa comunicação podemos compartilhar de um software para outro sem apresentar problemas com os dados coletados e aplicados para o desenvolvimento dos desenhos.

3.6.4 AUTOCAD (COMPUTER AIDED-DESING)

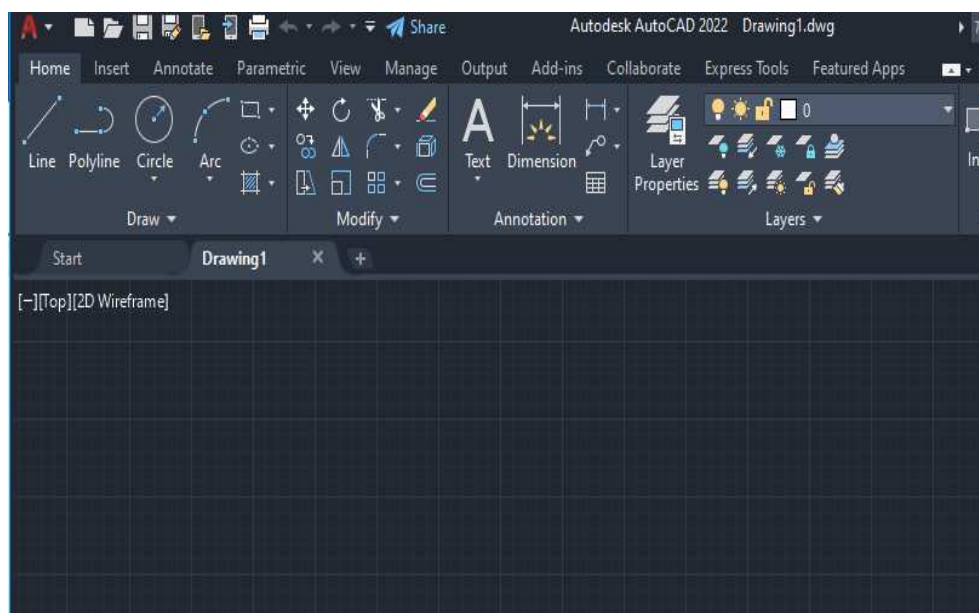
Este software foi desenvolvido pela Autodesk por volta do ano de 1982, o AutoCAD é uma ferramenta bastante utilizada e útil para a construção de desenhos em 2D e 3D (2D usa como base duas dimensões e 3D utiliza como base três dimensões), o CAD (Computer Aided-Desing) se tornou uma ferramenta indispensável para todo tipo de desenhos, desde a arquitetura até os designs industriais, ainda existem outras áreas que utilizam para seus desenhos.

Devido ser uma ferramenta que pode se criar, fazer edições, lançar dados, dimensionar, fazer anotações diversificadas, conseguir fazer também o compartilhamento dos arquivos desenhados de forma excelente e ágil, tornando assim um software com uma versatilidade incrível. Todo o conteúdo pode ser salvo e reaberto novamente caso necessite de ser feita mais algum aprimoramento ou correção, nos textos, no desenho, nas informações que foram atribuídas ao CAD.

Quando utilizamos a funcionalidade do VBA no Excel para interagir ou implementar ao AutoCAD, tornamos a automação de uma diversidade de comandos e aprimoramos a questão do gerenciamento do tempo que levaria para ser feito os mesmos passos a passos, a funcionalidade se torna bem mais viável pois aquilo que levaria diversas horas ou até mesmo dias, causa um impacto enorme na resolução de pouco tempo e em um formato mais simplificado através de simples comando, porém para esse desenvolvimento não requer apenas saber programar para usar os códigos, é necessário o conhecimento daquela área a qual está sendo direcionada as informações e

entender se o que está sendo apresentado como resultado faz sentido e analisar os possíveis casos se está de forma correta aos dados informados para a modelagem. Abaixo apresento através da figura 18 a tela inicial do AutoCAD.

Figura 18 – AutoCAD.



Fonte: Adaptado AutoCAD (2022).

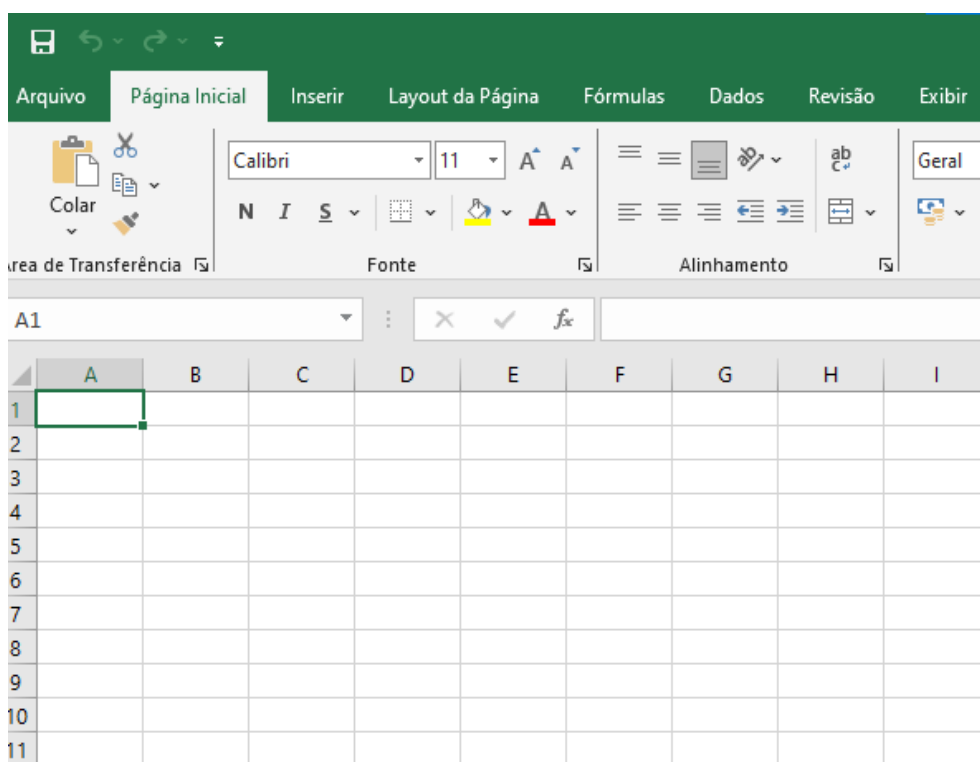
Logo, o AutoCAD em si mesmo já é uma ferramenta com todas as funcionalidades que qualquer pessoa tem a possibilidade de aprender e desenvolver os seus comandos, desde que tenha um conhecimento básico/teórico para a utilização desta ferramenta, quando unimos esta ferramenta com outras que conversam entre si através de comandos, conseguimos desenvolver uma diversidade procedimentos diferentes e com uma praticidade bastante elevada, se faz necessário o acompanhamento das especificações das normas, o detalhamento do projeto em que se irá desenvolver, os cálculos necessários para cada comando e dimensionamento neste desenho.

4 IMPLEMENTAÇÃO DO ACOPLAMENTO EXCEL/AUTOCAD

4.1 DADOS INICIAIS A PARTIR DO EXCEL

Para iniciar os procedimentos de configurações, vamos inicializar o Excel para inserir os dados iniciais como apresentado na figura 19e criarmos a partir daí os primeiros passos da configuração.

Figura 19—Início da construção dos dados do projeto.



Fonte: Adaptado do Microsoft Excel.

4.1.1 CONFIGURAÇÃO DE COMANDO GERAL

De posse das informações estudadas através da NBR 6118:2023, após inicializar o Excel como apresenta a figura 19e ativar as configurações necessárias para os comandos conforme apresentada nas figuras 15 e 16. Então iremos iniciar a formatação das células e tabelas para inserção dos dados como:

- Dimensões da viga: cm

- Comprimento da viga: cm
- Esforço cortante: kN/m
- Áreas de armadura: cm^2
- Carga distribuída: kN
- Momento: $\text{kN}\cdot\text{m}$
- Pontos de origem da inserção das coordenadas

Figura 20–Dados iniciais para dimensionamento

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	D	Dimensões	cm		Coordenadas			
2	A	Bv =	18		P.inicial X0	P.inicial Y0	P.final X	P.final Y
3	D	Lv =	300	1	0	0	300	30
4	O	Hv =	30	2	300	0	500	30
5	S			3	500	0	750	30
6				4	750	0	1000	30
7		Origem		5	1000	0	1200	30
8	I	X0 =	0	6	1200	0	1500	30
9	N	Y0 =	0	7				30
10	I	Z0 =	0	8				30
11	C			9				30
12	I	Carga	kN/m	10				30
13	A	Q =	10					
14	I							
15	S							
16					1	1	2	1
17		Momento	kN*m		2	1	3	1
18		mk =	11,25		3	2	4	2
19		Md =	15,75		4	3	4	3
20		Cortante	KN/m		xi	0	300	500
21		vk =	15		yi	0	0	0
22		Vd	21		zi	0	0	0

Fonte: Adaptado do Microsoft Excel.

Antes de começar os cálculos foi nomeada algumas células no Excel, onde para ser aplicados passos futuros com as células nomeadas se torna mais viável no momento da configuração e localizar no banco de dados do próprio Excel. De posse destas informações é possível calcular os momentos característicos (m_k) e de projeto (M_d) a partir da equação do momento fletor para vigas bi apoiadas, o dimensionamento de uma viga em concreto tem que ser bem calculado estruturalmente, onde cada detalhe faz a diferença desde o projeto até a parte econômica/financeira até a sua execução. O cálculo

De posse das novas informações é possível iniciar o passo a passo para cada uma das coordenadas, como apresenta a figura 22, cada ponto desses indica uma posição para x e y nas coordenadas cartesianas e para ser desenhada as dimensões no CAD em duas dimensões, logo é necessário que tenha o ponto inicial e final de onde começa e termina as dimensões da viga. E para um melhor desenvolvimento dos comandos e unir cada um dos pontos especificados no projeto.

Figura 22– Cálculo das coordenadas da posição dos pontos.

TCC - Excel

Entrar

Arquivo

Início

Layout da Página

Fórmulas

Dados

Revisão

Exibir

Desenvolvedor

Ajuda

Diga-me o que você deseja fazer

Calibri

11

A

A

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

≡

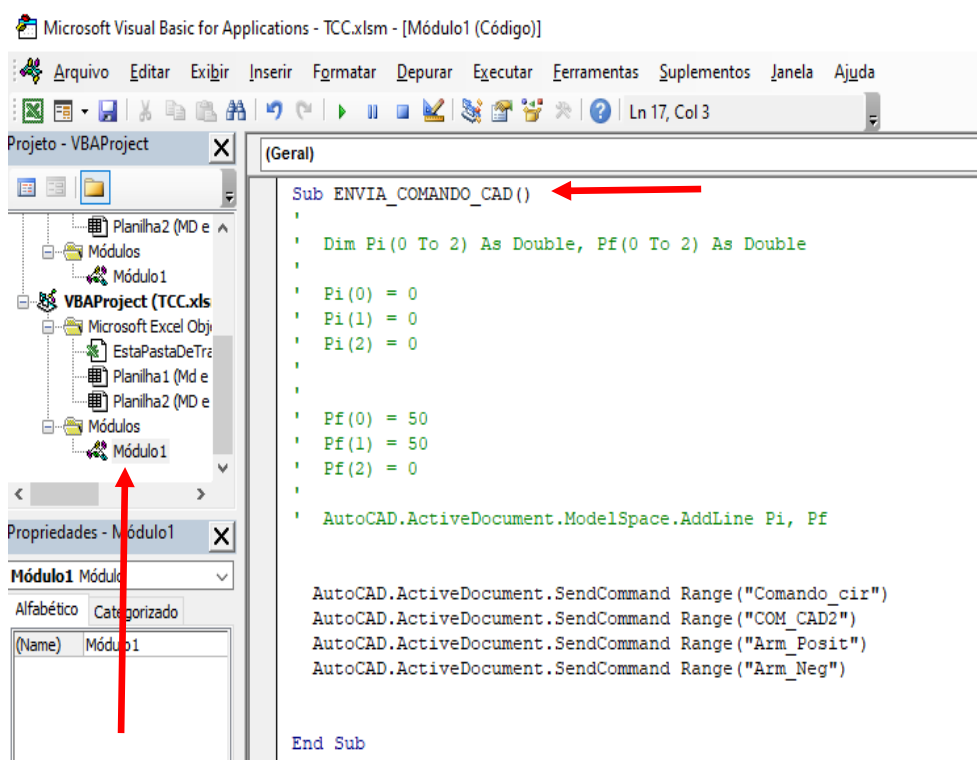
≡

≡

Fonte: Adaptado do Microsoft Excel.

Para ativar o comando será necessário criar uma macro através do VBA do Excel, está macro fará com que os passos que são repetitivos sejam agrupados apenas em um comando, como este que está sendo utilizado aqui com a finalidade de criar o desenho no CAD. Ao abrir o VBA vamos até a opção do módulo e lá faremos a utilização de um subcomando, é neste que seguimos criando o código e fazendo as análises se está rodando corretamente o comando que estamos desenvolvendo, conforme apresentado na figura 23 criação de macro no VBA abaixo.

Figura 23– Criação de Macro no VBA



Fonte: Adaptado do Microsoft Excel.

4.1.2 CONFIGURAÇÃO DA LINHA DE COMANDO PARA CAD

Criado um botão e atribuído a macro, para interagir com os comandos do CAD temos que entender como o sistema funciona, o AutoCAD trabalha através de linhas de comandos e comandos textuais, então para isto temos que criar as linhas de comando na tabela que foi feita no Excel com as coordenadas das dimensões da viga e comprimentos.

O uso da ferramenta chamada de concatenar do Excel foi usada para unir todas as linhas de comando criadas, foram criadas através do VBA código que automatiza o comando direto pela macro, isto é o bom da automatização, tudo o que é repetitivo passa a ser feito de forma rápida com apenas um clique, é lógico que para isto acontecer requer um conhecimento sobre programação e também a teoria do conteúdo a ser implementado.

Após a implementação das informações no código para comando organizadas e feito as análises/testes do desenho inicial apenas da viga. Contudo, agora tem de ser feito esses mesmos passos para os desenhos da armadura positiva e negativa.

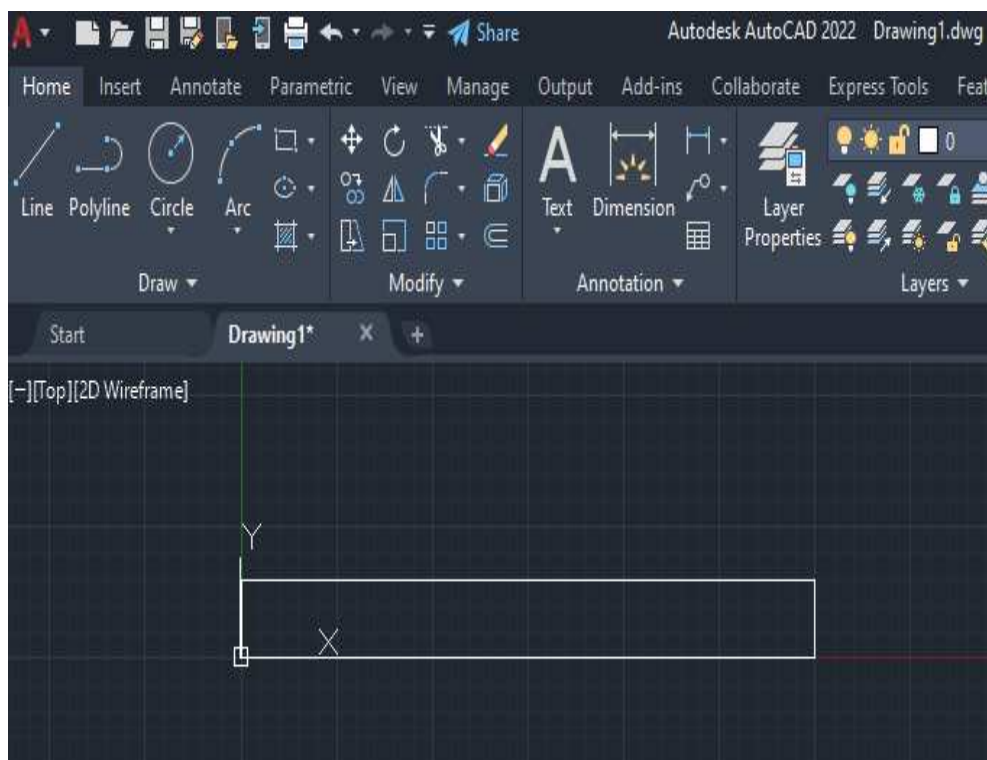
empresas responsáveis por diversos projetos, detalhamentos bastante complexos e se tornam uma coisa exaustiva para quem a faz repetidamente. Sendo assim a automatização necessária para ter um melhor desempenho e agilidade no processo.

4.1.3 APLICAÇÃO DOS COMANDOS DE DESENHO AUTOMATIZADO NO CAD

A automatização dos processos traz consigo um imenso repertório para a otimização lógica de cada procedimento, em geral a automatização é a maneira com que usamos a tecnologia dentro de nossa rotina para reduzirmos erros e autonomia no gerenciamento de tarefas, onde conseguimos aliar eficiência e consistência através de trabalhos automáticos nestes processos, como por exemplo, a leitura e organização de uma diversidade de dados em projetos.

Após automatizar o processo, pode-se iniciar a modelagem do desenho no CAD conforme a figura 26 apresenta a viga em sua forma inicial, sem o seu detalhamento.

Figura 26– Desenho da viga no CAD



Fonte: Adaptado do CAD

Com o desenho da viga em 2D, voltamos para a aba do Excel para desenvolver e calcular as armaduras necessárias para a viga, após utilizaremos novamente os dados obtidos desta vez pra ser desenhado as armaduras na viga em concreto armado.

Figura 27– Novas coordenadas para line (linha)

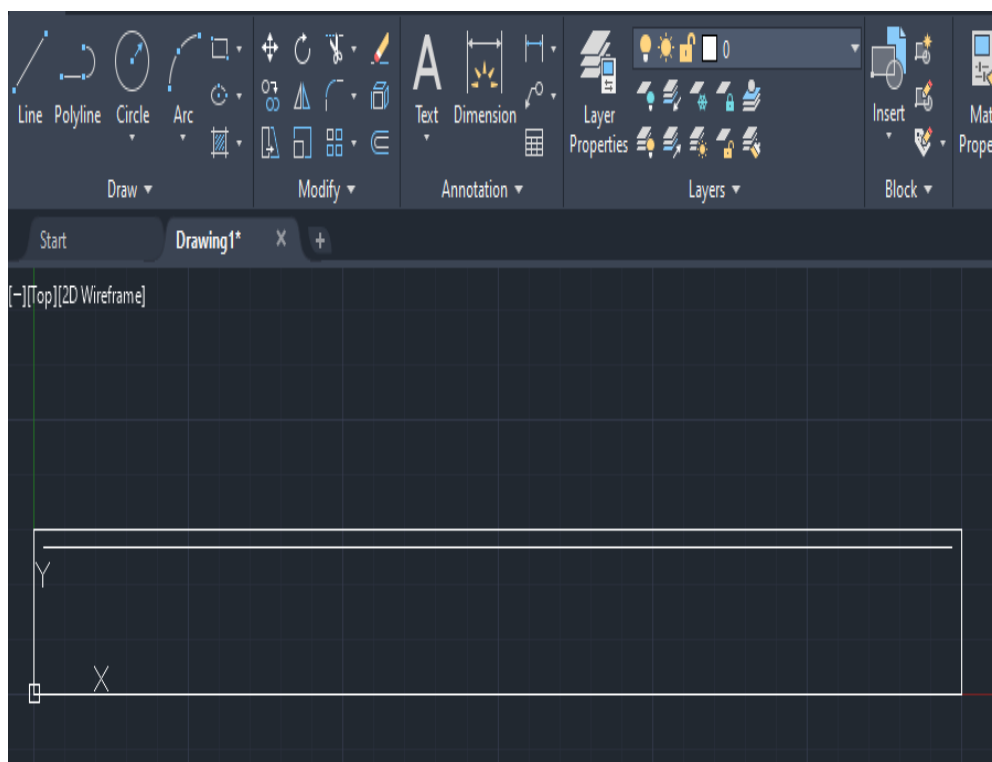
I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
		LIGAÇÃO_PONTOS		COORDENADAS DE PONTOS INICIAIS E FINAIS							
	Linhas	Início	Fim	xi	yi	zi	xf	yf	zf		
	1	1	2	0	0	0	18	0	0	line 0,0,0 18,0,0	
	2	2	3	18	0	0	18	30	0	line 18,0,0 18,30,0	
	3	3	4	18	30	0	0	30	0	line 18,30,0 0,30,0	
	4	4	1	0	30	0	0	0	0	line 0,30,0 0,0,0	
Raio	Estribos										
0,798	5	1	2	3	3	0	15	3	0	circle 4,4,0.798	line 3,3,0 15,3,0
0,798	6	2	3	15	3	0	15	27	0	circle 14,4,0.798	line 15,3,0 15,27,0
0,798	7	3	4	15	27	0	3	27	0	circle 14,26,0.798	line 15,27,0 3,27,0
0,798	8	4	1	3	27	0	3	3	0	circle 4,26,0.798	line 3,27,0 3,3,0
0,798											
Com. Anc.	Armadura Positiva										
21,86	1	1	2	3	3	0	297	3	0	line 3,3,0 297,3,0	
21,86	2	2	3	297	3	0	297	22	0	line 297,3,0 297,22,0	
21,86	3	3	4	3	3	0	3	22	0	line 3,3,0 3,22,0	
21,86											
22											
	Armadura Negativa										
	3	3	4	297	27	0	3	27	0	line 297,27,0 3,27,0	

Fonte: Adaptado do Microsoft Excel.

Com isto, obtemos o desenho da armadura positiva como apresenta a figura 29 já sendo detalhada na parte interna do desenho do CAD em 2D, consequentemente a figura 28 seguinte apresentará o desenho do detalhamento da armadura negativa na viga em concreto armado, está que por sua vez é detalhada na parte superior da viga para este caso de estudo.

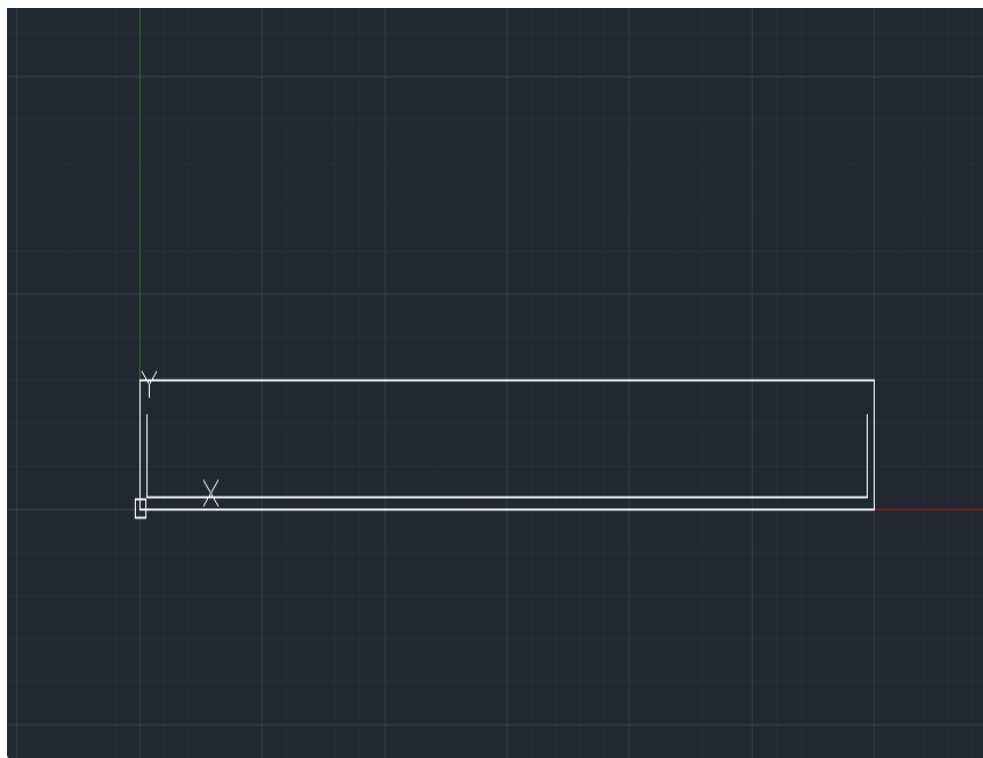
Devido ao carregamento das vigas, as mesmas apresentarão uma curvatura (deformação) causada a partir da tração, logo a armadura positiva será usada para combater os esforços das tensões e evitar que se rompam na parte inferior, já que na parte superior da viga terá uma compressão, a armadura negativa terá a finalidade de resistir este momento e evitar eventuais falhas.

Figura 28– Armadura negativa



Fonte: Adaptado do CAD

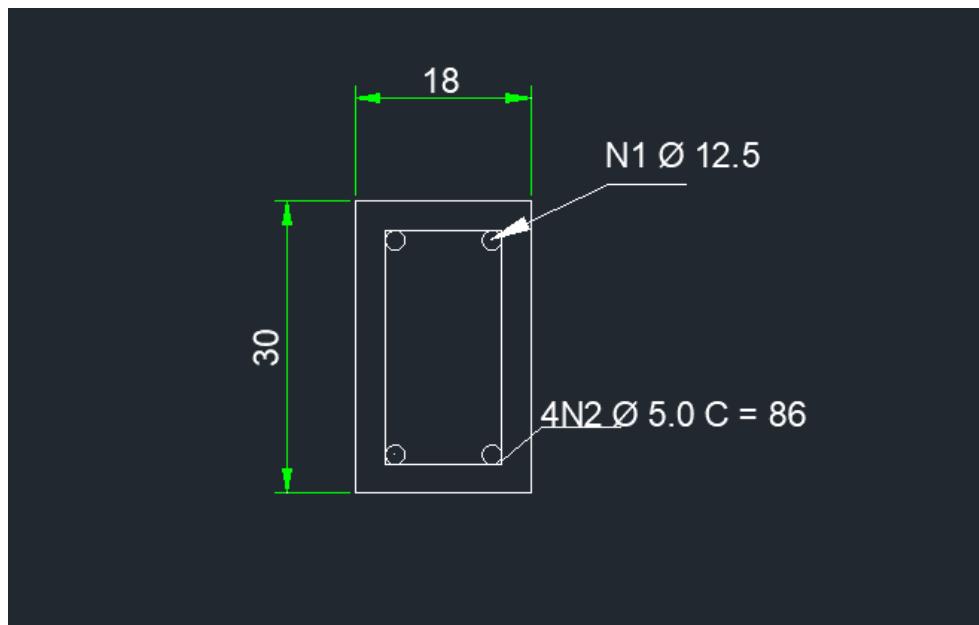
Figura 29– Armadura positiva



Fonte: Adaptado do CAD

Todo o detalhamento foi analisado e calculado, com essas informações foi possível reproduzir o detalhamento dos estribos, que tem como sua função estrutural é evitar o deslocamento das armaduras, viabilizando assim também a resistência ao cisalhamento que ocorrerá entre as vigas, causando assim uma estabilidade para a armadura conforme apresentada na figura 30.

Figura 30– Detalhamento do estribo



Fonte: Adaptado do CAD

Após todo esse processo do detalhamento da viga e das armaduras, configurado tudo nas macros para desenhar no CAD, a figura 31 abaixo apresenta como ficou o detalhamento da viga em concreto armado, consequentemente a Figura 32 apresenta o detalhamento das cotas, dos estribos e dimensões da viga.

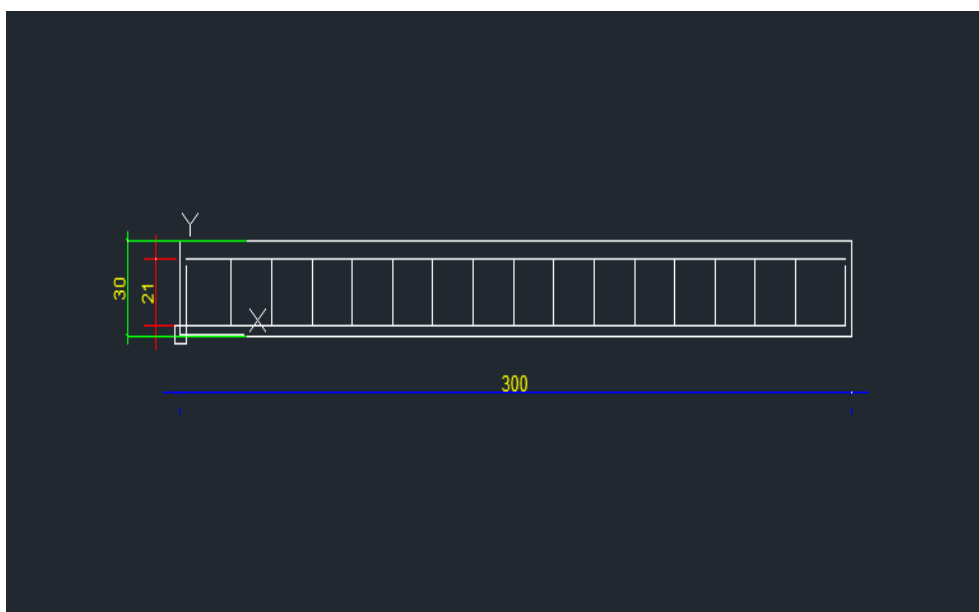
Com isto, todos os comandos foram criados a partir do estudo das normas NBR para o dimensionamento das armaduras e vigas em concreto armado, que foram desenvolvidos através da planilha do Excel.

Figura 31– Armadura positiva e negativa



Fonte: Adaptado do CAD

Figura 32– Armadura positiva e negativa



Fonte: Adaptado do CAD

5 RESULTADOS

Os resultados foram bastante satisfatórios, através dos mesmos foram possíveis desenvolver todo o passo a passo para ser analisado os resultados finais para os cálculos, os desenhos na interface do CAD de forma coerente com os estudados a partir das informações da NBR, toda a modelagem e estruturação onde foi acoplado de um software a outro. Com um pouco mais de aprimoramento nos comandos é possível transformar ainda mais ágil e implementar uma diversificação de informações causando um desempenho sofisticados para análises e desenhos de projetos para a construção civil direcionado as vigas em concreto armado. Nesse contexto, é possível reproduzir o que foi feito neste trabalho, através dos passos expostos como roteiro.

Com isso, os profissionais da área da construção civil, engenheiros, terão como automatizar alguns dos seus passos do cotidiano, considerando também o retorno naquele tempo em que gastaria para calcular e dimensionar mecanicamente os dados dos projetos, cada vez mais são buscadas maneiras que reduzam os gastos financeiros como o de tempo. A correria do dia a dia exige muito de habilidades diversificadas através de cursos e experiencia, então tem – se uma necessidade continua de aprimorar os passos repetitivos e exaustivos para serem simplificados, isto no decorrer da automação.

É perceptível a identificação que a implementação entre as duas ferramentas é possível e de resultados bastante satisfatórios. Quando implementado ao sistema temos que observar se realmente os resultados estão coerentes pois como se trata de informações que são manipuladas ou transcritas através de outras informações, podem conter alguma inconsistência de dados, cada dimensionamento precisa ser acompanhado dos padrões estabelecidos pela norma, logo faz – se necessário conhecer a teoria e em caso de duvidas recorrer a norma para analisar a veracidade das informações apresentadas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a automatização dos processos voltados para a construção civil e com toda a tecnologia avançando continuamente, sendo assim cada vez mais necessário a evolução nos mais distintos pontos de obras, desde um orçamento até sua execução final. As tecnologias tem sido de suma importância neste desenvolvimento e por isso cada dia vem novas modalidades de softwares que auxiliam na desenvoltura dos projetos, procedimentos com mais eficiência e economia de custos e tempo de execução.

Como a Microsoft disponibiliza software como o Excel a disposição com inúmeras ferramentas acoplada ao seu sistema que interagem entre si através de uma planilha eletrônica, onde podem ser desenvolvidos diversos bancos de dados, gráficos e outras funções ainda mais avançadas. Tendo também o AutoCAD desenvolvido pela Autodesk, outra ferramenta bastante utilizada na construção civil em seus desenhos e projetos e que aceita a mesma linguagem de comando do Excel.

Além disto, foram utilizada a NBR 6118:2023 para os cálculos de dimensionamentos em estruturas de concreto armado da viga, das armaduras e todos os requisitos que a norma expõem para análise e execução, essa norma desenvolvida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) onde apresenta todas as diretrizes que asseguram a qualidade e todo o processo de segurança para as estruturas em concreto armado, sendo fundamental e de grande valia para os profissionais da construção civil, engenheiros e arquitetos.

Através deste trabalho foram criados comandos onde o resultado foi o acoplamento das duas ferramentas (CAD e Excel) apresentando como resultado o desenho direto na interface do AutoCAD, ou seja, os cálculos feitos foram todos baseados através do estudo da norma, onde foi reproduzido os passos neste trabalho, as funções foram criadas e ativas através dos sistemas destes softwares é possível reproduzir o que está sendo apresentado no mesmo, onde pode ser aprofundado os conhecimentos do assunto exposto pela norma e dos softwares para possíveis aprimoramento e ser desenvolvido com mais calma, toda a estruturação para projetos mais detalhados.

Entretanto, o que foi apresentado aqui há uma necessidade de ser continuado o desenvolvimento através de pesquisas e outras implementações, de novas configurações que abrangem outras modalidades que o software oferece, para ser automatizado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **"Execução de Estruturas de Concreto Armado". NBR 14931:2004.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Ações e segurança nas estruturas – Ações sísmicas. NBR 8681**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações. NBR 6120**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).. **"Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento". NBR 6118:2023.**

BÉLAND, MICHEL. *AutoCAD VBA Programming. AutoCAD Press, 2016.*

COELHO, A. D. C., & Gonçalves, R. S. (2016). *Análise e Projeto de Estruturas de Concreto Armado. Editora Pioneira.*

DIAS, J. F. (2018). *Planejamento de Obras. Editora Érica.*

Disponível em: <[https://abnt.org.br/institucional/sobre-abnt-2/#:~:text=A%20ABNT%20%C3%A9%20respons%C3%A1vel%20pela,Especiais%20\(ABNT%2FCEE\)>](https://abnt.org.br/institucional/sobre-abnt-2/#:~:text=A%20ABNT%20%C3%A9%20respons%C3%A1vel%20pela,Especiais%20(ABNT%2FCEE)>)>. Acessado em: 09 out. 2024.

Disponível em: <<https://ax4b.com/o-que-e-autocad-e-em-que-setores-de-uma-empresa-ele-pode-auxiliar/#:~:text=O%20nome%20AutoCAD%20tem%20como,objetos%20s%C3%B3li dos%20ou%20de%20malha>>>. Acessado em: 09 out. 2024.

Disponível em: <<https://blog.superbid.net/concreto-armado-conheca-esse-material-de-construcao-civil/>>>. Acessado em: 10 out. 2024.

Disponível em: <<https://grupobraco.com.br/quais-sao-os-tipos-de-estruturas-metalicas/#:~:text=Apresentamos%20neste%20artigo%20os%204,que%20oferece%20beleza%20aos%20projetos>>>. Acessado em: 10 out. 2024.

Disponível em: <<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/25128/1/esforcoslongarinaspontec oncreto.pdf. pag.19>>>. Acessado em: 13 out. 2024.

Disponível em: <<https://www.guiadoconstrutor.com.br/blog/tracos-do-concreto-misturas-e-cuidados-gerais-para-um-bom-resultado>>>. Acessado em: 10 out. 2024.

Disponível em: <<https://www.lajoteiro.com.br/wp-content/uploads/2014/02/madeira-construcao-civil.jpg>>>. Acessado em: 13 out. 2024.

Disponível em: <<https://www.mundodaconstrucao.com.br/metro-de-concretos-usinados>>. Acessado em: 10 out. 2024.

Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/estruturas-de-concreto-armado-e-de-aco>>. Acessado em: 13 out. 2024.

Disponível em: <<https://www.sagaconstrucao.com.br/blog/conheca-os-3-tipos-de-estruturas-da-construcao-civil/#:~:text=A%20Constru%C3%A7%C3%A3o%20Civil%20apresenta%203,desvantagens%20no%20mercado%20da%20Engenharia>>. Acessado em: 15 out. 2024.

Disponível em: <<https://www.tecnosilbr.com.br/o-que-sao-pre-moldados-de-concreto-e-qual-a-diferenca-com-os-pre-fabricados/>>. Acessado em: 15 out. 2024.

Disponível em: <<https://www.vivadecora.com.br/pro/concreto-armado/>>. Acessado em: 15 out. 2024.

FIGUEIREDO, L. C., & Pinto, L. S. (2010). *Estruturas de Concreto Armado*. Editora Blucher.

FOWLER, ROBERT. *Beginning AutoCAD 2022: From Beginner to Expert*. Apress, 2021.

GEISLER, H. (2017). *Concreto na Arte Contemporânea*. Editora Arte e Construção.

GOMES, A. J. (2016). *Estruturas de Concreto Armado*. Editora Manole.

GOOKIN, DAN. *AutoCAD For Dummies*. Wiley, 2021.

HIBBELER, R. C. (2017). *Structural Analysis*. Prentice Hall.

JELLEN, BILL & WILLIAMS, TRACY. *Excel 2016 VBA and Macros*. Que Publishing, 2016.

KAHN, GREG. *Mastering AutoCAD and AutoCAD LT*. Sybex, 2020.

LINDHOLM, M. *Microsoft Excel 2016 Data Analysis and Business Modeling*. Microsoft Press, 2015.

MCFARLANE, DAVID. *AutoCAD 2021 for the Interior Designer*. Cengage Learning, 2020.

MÉRIDA, R. (2014). *Concreto Armado: Teoria e Prática*. Editora Blucher.

MOTA, A. (2013). *Engenharia de Estruturas*. Editora Manole.

NEVES, C. (2015). *Estruturas de Concreto Armado*. Editora Blucher.

- NEVILLE, A. M. (2011). *Propriedades do Concreto*. Bookman.
- PEREIRA, R. M. (2012). *Manual de Concreto Armado*. Editora Érica.
- PEREIRA, R. M. (2012). *Manual de Estruturas de Concreto*. Editora Érica.
- SANTOS, F. (2016). *Gestão de Obras Públicas*. Editora Érica.
- SILVA, J. M. (2019). *Concreto: Materiais e Tecnologia*. Editora Pioneira.
- SILVA, R. (2015). *Manutenção Predial*. Editora Blucher.
- TUAN, L. A. (2018). *Cimento e Concreto: Fundamentos e Aplicações*. Editora da Universidade de São Paulo.
- WALKENBACH, JOHN. *Excel 2019 Power Programming with VBA*. Wiley, 2018.
- WRIGHT, BILL. *Excel 2019 for Dummies*. Wiley, 2018.
- WRIGHT, PAUL. *Excel VBA for Dummies*. Wiley, 2016.