



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO, DE CIÊNCIAS EXATAS E EDUCAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENG. DE CONTROLE, AUTOMAÇÃO E COMPUTAÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Alexandre Silva Junior

**Desenvolvimento de um configurador de montagens 3D automatizado para
painéis de média tensão**

Blumenau
2024

Alexandre Silva Junior

**Desenvolvimento de um configurador de montagens 3D automatizado para
painéis de média tensão**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação do Centro Tecnológico, de Ciências Exatas e Educação da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Alex Fabiano Bueno, Dr

Blumenau

2024

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC.
Dados inseridos pelo próprio autor.

Junior, Alexandre Silva

Desenvolvimento de um configurador de montagens 3D
automatizado para painéis de média tensão / Alexandre
Silva Junior ; orientador, Alex Fabiano Bueno, 2024.

47 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau,
Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Blumenau,
2024.

Inclui referências.

1. Engenharia de Controle e Automação. 2.
Desenvolvimento mecânico de desenhos 3D. 3. Painéis de
média tensão. 4. Linguagem VBA. 5. Automação de Processos.
I. Bueno, Alex Fabiano. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Engenharia de Controle e Automação.
III. Título.

Alexandre Silva Junior

Desenvolvimento de um configurador de montagens 3D automatizado para painéis de média tensão

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Engenheiro de Controle e Automação” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação.

Blumenau, 20 de Dezembro de 2024.

Banca Examinadora:

Prof. Alex Fabiano Bueno, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Guilherme Brasil Pintarelli, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Maryah Elisa Morastoni Haertel, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado a todos aqueles
aparecem mencionados nos meus agradecimentos,
mas especialmente gostaria de dedicar em memória
aos entes queridos que sempre torceram por mim
mas que se foram ao longo dos últimos anos, dedico
então a minha avó Odete Egen Silva, meu avô
Jarbas Silva, minha bisavó Levina Aparecida Veloso,
meu tio e padrinho Odeval Veloso e a minha tia
Andréa Silva.

AGRADECIMENTOS

Eu gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por me guiar nesse percurso, e fazer alguns agradecimentos especiais à minha família como um todo: minha avó Regina Célia Veloso, meu avô Sidnei de Moura, minha mãe Joice Angélica de Moura Silva, meu pai Alexandre Silva, meus irmãos André Vinícius Silva e Jean Luca Silva, minha namorada Isabelle Tayna Rodrigues da Rocha e também minha tia Janaina Angélica de Moura. Essas são as pessoas que me sustentaram, me apoiaram e torceram por mim durante todos esses anos, e sei que é extremamente importante agradecê-los para demonstrar o quão grato sou a cada um por toda a compreensão que tiveram comigo durante este tempo.

Também agradecer a todos os professores com quem aprendi muito ao longo desses anos, especialmente ao professor Alex Fabiano Bueno, que me ajudou como orientador, tanto no período de estágio como no TCC.

RESUMO

Este trabalho irá apresentar o desenvolvimento de um configurador automatizado para montagens 3D, do painel modelo PIX da Schneider Electric. Serão exploradas as ferramentas Access e PTC Creo Parametric, detalhando seus recursos internos. Para o Access, será abordada a programação em VBA, enquanto para o Creo Parametric, serão discutidos a linguagem de programação nativa e os recursos *Relations*, *mapkeys* e *Pro/Program*. Adicionalmente, serão apresentados dois projetos anteriores que utilizaram essas ferramentas, servindo como base de conhecimento para este trabalho. As etapas do projeto incluem o desenvolvimento da interface Access, que integra dados de uma tabela Excel ao software Creo Parametric, a montagem do cubículo matriz e o procedimento utilizado para automatizar esse processo. Os resultados destacam a economia de tempo na fase de projetos e a redução de etapas no processo, culminando com a conclusão sobre o trabalho realizado.

Palavras-chave: Automação com Access; Programação com VBA; PTC Creo Parametric.

ABSTRACT

This work will present the development of an automated configurator for 3D assemblies of the PIX model panel from Schneider Electric. The tools Access and PTC Creo Parametric will be explored, detailing their internal features. For Access, VBA programming will be addressed, while for Creo Parametric, the native programming language and the features Relations, mapkeys, and Pro/Program will be discussed. Additionally, two previous projects that utilized these tools will be presented, serving as a knowledge base for this work. The project stages include the development of the Access interface, which integrates data from an Excel table into the Creo Parametric software, the assembly of the matrix cubicle, and the procedure used to automate this process. The results highlight the time savings in the project phase and the reduction of steps in the process, culminating in the conclusion about the work carried out.

Keywords: Automation using Access; Programming with VBA; PTC Creo Parametric.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Subestação de Painéis modelo PIX.	18
Figura 2 – Símbolos utilizados em Fluxogramas.	20
Figura 3 – Logomarca CREO Parametric.	21
Figura 4 – Peça com parâmetros D2,D3, D4, D5, D6 e D7.....	24
Figura 5 – Peça com parâmetros D0 e D1.	24
Figura 6 – Painel modelo Blokset.	26
Figura 7 – Parâmetros da montagem Blokset.....	27
Figura 8 – Projeto de tela inicial.....	29
Figura 9 – Iniciar um novo projeto.	30
Figura 10 – Etapas a partir da opção importar Satellite.....	31
Figura 11 – Etapas a partir da opção Configurar Cubículo.....	31
Figura 12 – Etapas a partir da opção Exportar arquivo para o Creo.....	31
Figura 13 – Tela inicial do aplicativo Acces	32
Figura 14 – Ícones dos botões Access.....	33
Figura 15 – Tela de cadastro de projetos.....	34
Figura 16 – Funcionalidades Access	34
Figura 17 – Tela de importação de dados Satellite.	35
Figura 18 – Gerar arquivo individualizado das colunas.....	36
Figura 19 – Relação entre tabelas	39
Figura 20 – Criar botão com assistente de formulário	40
Figura 21 – Montagem geral PIX	43
Figura 22 – Pagina <i>Relations</i>	44
Fugura 23 - Cubículo PIX 12 kV modelo 1000 mm de largura	47
Figura 24 – Cubículo PIX 12 kV modelo 650 mm de largura.....	47
Figura 25 – Símbolo que indica que o material está suprimido	48
Figura 26 – Atual fluxo de trabalho	49
Figura 27 – Novo fluxo de trabalho.....	50
Figura 28 – Gráfico comparativo de desempenho entre configuradores	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Instâncias listando dimensões para cilindro.....	25
Tabela 2 – Tabela Excel exportada do Satellite.....	37
Tabela 3 – Tabela do Access após importar dados do Satellite.....	38
Tabela 4 – Tabela de registro de projetos.....	38
Tabela 5 – Comparação entre tempos de configuração de cubículo	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UC	Unidade Consumidora
SE	Subestação Elétrica
BOM	Bill of Material
AIS	Air Insulated Switchgear
TP	Transformador de Potência
TC	Transformador de Corrente
IHM	Interface Homem Máquina
OV	Ordem de Venda
VBA	Visual Basic for Applications
WBS	Work Breakdown Structure

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS	15
1.1.1	Objetivo Geral	15
1.1.2	Objetivos Específicos	15
1.2	JUSTIFICATIVA	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	PAINEL DE MÉDIA TENSÃO MODELO PIX	17
2.2	METODOLOGIA CIENTÍFICA	19
2.2.1	Desenvolvimento de interface utilizando formulários Access	19
2.2.2	Mapeamento de processos utilizando fluxogramas	19
2.2.3	Cronometragem de tempo de processo	20
2.3	FERRAMENTAS UTILIZADAS	21
2.3.1	PTC Creo Parametric 8	21
2.3.1.1	<i>Relations</i>	22
2.3.1.2	<i>Pro/Program</i>	22
2.3.2	Linguagem VBA (Visual Basic for Applications)	22
2.3.3	Mapkeys	23
2.4	PROJETOS DE CONFIGURADORES DE MODELOS 3D	23
2.4.1	Projeto de modelagem automática para variantes de produtos	23
2.4.2	Projeto Configurator de painel de baixa tensão modelo BlokSet	26
3	DESENVOLVIMENTO	28
3.1	DESENVOLVIMENTO APLICATIVO ACCESS	28
3.1.1	Definição de navegação entre telas Access	28
3.1.2	Aplicativo Access	32
3.1.2.1	<i>Layout e interface gráfica</i>	32
3.1.2.2	<i>Relação entre Tabelas</i>	37
3.1.2.3	<i>Programação VBA botões Access</i>	40
3.2	Montagem da estrutura principal	43
3.3	Programação <i>Pro/Program</i>	45
3.4	Automação da entrada de dados com uso de <i>Mapkeys</i>	45
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
4.1	Interface Access	46
4.2	Configuração da montagem 3D de forma automatizada	46
4.3	Redução de etapas de projeto	48
4.4	Redução de tempo na etapa de configuração de cubículos	51
4.5	Desafios do projeto	52
5	CONCLUSÃO	54

REFERÊNCIAS55

ANEXO A58

ANEXO B.....61

ANEXO C.....63

1 INTRODUÇÃO

Os painéis de média tensão são equipamentos necessários para toda UC (Unidade Consumidora) com demanda de carga de energia a partir de 75 kW. Conforme a ANEEL (2010), o artigo 12 da Resolução Normativa 414/2010 estabelece que as UCs com carga instalada superior a 75 kW terão fornecimento em tensão primária, de 13,8 kV ou na tensão disponível pela distribuidora de energia. Isso implica na necessidade da UC construir sua SE (Subestação Elétrica) em média tensão, para realizar a conversão da tensão proveniente da rede para os níveis de consumo dos seus equipamentos e para a distribuição de energia dentro da sua unidade, as SEs de média tensão são compostas por, equipamentos de conversão de níveis de tensão, os transformadores, e equipamentos de proteção de rede e distribuição de energia, os painéis de média tensão.

A distribuição eficiente de energia é essencial em empresas que utilizam máquinas e equipamentos em constante funcionamento. Os painéis de média tensão são fundamentais para essa aplicação, desempenhando um papel importante para distribuir a energia com segurança e eficiência.

[..] nota-se na indústria uma alta dependência de sistemas elétricos robustos capazes de garantir a eficiência e segurança de suas operações nesse contexto, os painéis elétricos de média tensão ganham notoriedade como elementos fundamentais, exercendo um importante papel no controle e distribuição segura de energia elétrica em ambientes industriais. (FREITAS, 2024)

Na Schneider Electric o painel que atende estas necessidades é o modelo PIX, que será o objeto foco do presente trabalho, que visa melhorar a etapa de projeto deste modelo de painel. “PIX Active é uma solução de painel de distribuição de média tensão projetada para os requisitos de sistemas de distribuição públicos e industriais”. (ELECTRIC, 2024)

Os projetos de painéis PIX são desenvolvidos em duas etapas: projeto elétrico e projeto mecânico. Nessas etapas, existem duas classificações de materiais: padronizados e personalizados. Os materiais padronizados são aqueles testados e apropriados para determinadas condições de uso, enquanto os materiais personalizados são específicos para necessidades especiais apresentadas pelo cliente.

Na etapa do projeto elétrico, utiliza-se o software Satellite para gerar a lista de materiais padronizados. O projetista insere informações técnicas relevantes no software, como tensão nominal do painel, corrente nominal e grau de proteção. Ao

finalizar este preenchimento, é gerada uma lista de materiais em formato Excel, que contém tanto materiais elétricos como também materiais mecânicos necessários para a fabricação do painel.

Após gerada a lista de materiais, começa a etapa de projeto mecânico. O projetista mecânico monta as estruturas em 3D utilizando o software Creo Parametric, com base na lista do Satellite e um configurador mecânico desenvolvido internamente. Após concluir a montagem com os itens padronizados, inicia-se o projeto de itens personalizados para adaptar e posicionar adequadamente os componentes elétricos que serão utilizados pelo cliente. Em seguida, o Creo Parametric exporta uma lista final de materiais em formato Excel, similar ao processo realizado no software Satellite. Esta lista é então integrada à lista final de materiais para compras e fabricação, denominada BOM (Bill of Material), necessária para a execução do projeto do painel.

Dessa forma, este trabalho irá contribuir diretamente neste processo, automatizando a montagem em 3D dos cubículos, e eliminando a etapa de configuração dos materiais padronizados por parte do projetista mecânico.

1.1 OBJETIVOS

Nesta seção serão apresentados os objetivos gerais e específicos do projeto.

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma ferramenta que faz a configuração das montagens em 3D das estruturas dos cubículos individuais de forma automatizada, utilizando a lista de materiais gerada no Satellite.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Desenvolver uma interface Access intuitiva e simples para o usuário.
- b) Realizar a montagem em 3D de forma automatizada dentro do Creo Parametric a partir da entrada dos dados obtidos pelo aplicativo Access.
- c) Reformular o processo de montagem de estruturas em 3D atual, eliminando a duplicidade de informação e o retrabalho que se tem atualmente na etapa de projetos.
- d) Reduzir o tempo de processo na etapa de configuração de cada cubículo.

1.2 JUSTIFICATIVA

Na Schneider Electric Blumenau, o processo atual de montagem das estruturas mecânicas em 3D é realizado individualmente para cada cubículo, utilizando um configurador mecânico com informações desatualizadas e inconsistentes, o que exige muitas intervenções manuais para correção por parte do projetista. Além do mais, o processo de configuração dos cubículos é duplicado: o projetista elétrico executa essa tarefa no Satellite e, em seguida, o projetista mecânico precisa responder a perguntas semelhantes no configurador mecânico atual para estruturar a montagem em 3D.

Esse retrabalho ocorre porque o processo de configuração é feito duas vezes por duas pessoas diferentes. Outro quesito relevante na atual situação é que as listas atualmente são incompatíveis, devido à defasagem do configurador mecânico, o que exige alterações manuais para que a lista de materiais fique conforme a outra lista exportada do Satellite. Portanto, com o novo configurador, a montagem padrão será realizada de forma automatizada, utilizando diretamente os dados da lista do Satellite. Isso evitará a duplicidade de informações, garantindo maior confiabilidade na montagem da estrutura.

Este trabalho tem como objetivo principal desenvolver uma ferramenta que realiza a configuração das montagens 3D das estruturas dos cubículos individuais de forma automatizada, utilizando a lista de materiais gerada no Satellite. Dessa forma, o Creo Parametric configurará toda a montagem da estrutura em 3D automaticamente, permitindo que o projetista mecânico ganhe tempo para se concentrar apenas nas adaptações necessárias na estrutura padrão.

Para o desenvolvimento desta ferramenta, será utilizado o software Access com linguagem de programação VBA (Visual Basic for Applications) e o software de desenvolvimento 3D Creo Parametric, que também conta com uma linguagem própria de programação que permite a automação de modelos projetados em 3D, a escolha dessas duas ferramentas se dá devido ao fato de serem os recursos disponibilizados pela empresa para a atuação dos projetistas, de modo que já existe familiaridade dos projetistas para trabalhar com estes software, assim facilitando a adaptação para o uso da nova ferramenta

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PAINEL DE MÉDIA TENSÃO MODELO PIX

Para melhor compreensão do que são os painéis modelo PIX, é necessário conhecer algumas das categorizações onde ele se enquadra, iniciando então pela classificação das tensões de instalação compreendidas no Brasil, que são estabelecidas pela ANEEL.

Instalações e equipamentos elétricos que operam em níveis de alta tensão (maior ou igual a 69 kV e menor que 230 kV), média tensão (maior ou igual a 2,3 kV e menor que 69 kV) e baixa tensão (menor que 2,3 kV). (ANEEL, 2022)

O catálogo de fornecimento da Schneider Electric Brasil apresenta três opções de painéis PIX para fornecimento, sendo eles separados em níveis de tensão nominal, de 12 kV, de 17 kV e de 24 kV, todos se enquadram dentro da mesma norma IEC 62271-200. “Equipamentos de manobra e controle de alta tensão - Parte 200: Equipamentos de manobra e controle em invólucro metálico para tensões nominais acima de 1 kV e até 52 kV.”(IEC, 2021).

Outra classificação importante para melhorar o entendimento a respeito do produto é que, para estes painéis, existem duas categorias, isolados a gás SF₆ e isolados a ar, essa isolação diz respeito a proteção contra arcos elétricos internos, ambos são equivalentes com relação a funcionalidade, o que os diferencia é que os painéis isolados a ar são menos prejudiciais ao meio ambiente do aqueles isolados a gás SF₆.

Pode haver uma categorização ao projetar uma subestação, que pode ser uma subestação isolada a ar ou uma subestação isolada a gás. As operações básicas de ambas as subestações são as mesmas. No entanto, ambas têm algumas propriedades que as diferenciam (traduzido de KAMTHE; BHASME, 2018).

O painel PIX é um modelo que se enquadra na família de painéis AIS (Air Insulated Switchgear) cuja tradução literal é painel isolado a ar, que conforme[...] (traduzido de EL OUADHANE *et al.*, 2011) os PIX são painéis AIS com mais de 80 anos de experiência combinados com recursos e componentes inovadores em seu design. Na sequência, a figura 1, apresenta um exemplo de uso de painéis PIX dentro de uma SE abrigada.

Figura 1 – Subestação de Painéis modelo PIX.



Fonte: (ELECTRIC, 2024)

Nessa subestação aparecem dois painéis PIX com 15 cubículos cada um, este número de cubículos é variável conforme a necessidade do cliente, e cada painel deste, é projetado, cubículo por cubículo. A individualização dos cubículos é necessária devido ao fato de que, cada um dos cubículos tem diferentes funcionalidades dentro do painel.

Os diferentes cubículos que podem aparecer na composição dos painéis, são os seguintes: cubículos de entrada, são eles que recebem a energia elétrica oriunda da rede, através de muflas (condutores isolados com polímero) e internamente a eles, essas muflas são conectadas a barramentos de cobre sem isolação, que serão utilizados como condutores de corrente ao longo do painel. Têm-se também os cubículos de medição, que conforme (NEVES, 2023) “são os cubículos onde estão os equipamentos de medição, que só podem ser acessados por pessoas autorizadas da concessionária responsável, para aferir medições de consumo energético”. Outro tipo de cubículo são os cubículos de proteção, que segundo (NEVES, 2023) “estes cubículos são responsáveis por realizar as manobras de proteção utilizando relés contra sobrecorrentes, além de fornecer alimentação auxiliar para comando da subestação, fazer a energização de relés e motorização de disjuntores”.

O que diferencia a aplicação de cada um dos tipos de cubículos é a disposição dos componentes internos que são responsáveis pela realização das manobras, como TP (Transformador de Potência), TC (Transformador de Corrente), para-raios e isoladores poliméricos. No caso do PIX, a disposição desses componentes é padronizada, e constituem a parte estrutural de itens padronizados desenvolvidos na etapa de projetos mecânicos em 3D, conforme mencionado anteriormente

2.2 METODOLOGIA CIENTÍFICA

Esta seção irá apresentar as metodologias utilizadas para o desenvolvimento do projeto e para as comparações de resultados e discussões.

2.2.1 Desenvolvimento de interface utilizando formulários Access

Para buscar atender o objetivo específico a, serão utilizadas técnicas de automação de formulários Access, viabilizados pela linguagem VBA e as macros internas da ferramenta. Quando se desenvolve uma interface para o usuário, é importante que a interação do usuário com a interface ocorra de forma simples e intuitiva.

O objetivo dos formulários no Access é facilitar a introdução de informações nas bases de dados, especialmente se se tratar de um grande volume de dados (traduzido de; ARRANZ GONZÁLEZ et al., 2024, p. 5 apud Delgado Cabrera, 2001).

E outro recurso que será fundamental para deixar a interatividade mais intuitiva são as macros, com elas, é possível designar uma sequência exata de tarefas a serem executadas."As macros são pequenos arquivos que armazenam uma série de operações que depois são executadas de forma sequencial."(traduzido de ARRANZ GONZÁLEZ et al., 2024)

Outra abordagem do Access que será utilizada no projeto, é a relação entre tabelas, possibilitando um melhor gerenciamento da ferramenta depois que a mesma já estiver finalizada.

Na criação de tabelas, o Microsoft Access permite aos usuários definir campos, tipos de dados e restrições para cada campo. Esse recurso torna possível criar tabelas personalizadas e adaptadas às necessidades do usuário. Além disso, o Access permite a criação de relações entre tabelas, o que facilita o gerenciamento de dados em projetos maiores.(CORREA et al., 2023)

2.2.2 Mapeamento de processos utilizando fluxogramas

A utilização de fluxogramas irá auxiliar para atingir o objetivo a, e comparar os resultados do objetivo c. Para alcançar o objetivo a, será necessário estabelecer a dinâmica de navegação entre telas do Access, visando projetar um fluxo específico entre as aberturas de formulários. Para atingir o objetivo c, realizar um mapeamento do processo atual na empresa e em seguida elaborar uma atualização otimizada

desse processo, e isso será feito através do uso de fluxogramas.

O foco da organização não deve estar pautado tão somente no que se está produzindo, mas também em qual é a melhor sequência para se obter o melhor resultado em termos de produção, na medida que atividades bem sincronizadas agilizam o fluxo e geram eficiência para o processo. (ALMEIDA SILVA et al., 2024, p. 9 apud Slack et al., 2009)

Para compreender as atividades dos fluxogramas que serão desenvolvidos, é importante conhecer a simbologia, que aparece representada na figura 2.

Figura 2 – Símbolos utilizados em Fluxogramas.

	INÍCIO OU FIM DO PROCESSO
	ATIVIDADE REALIZADA NO PROCESSO
	TOMADA DE DECISÃO
	DOCUMENTOS UTILIZADOS NO PROCESSO
	ESPERA
	CONECTOR
	DIREÇÃO DO FLUXO

Fonte: (LIMA et al., 2020)

Os símbolos identificam o tipo de atividade que está sendo executada em cada etapa do processo, dessa forma o leitor consegue interpretar o funcionamento geral, desde o início do processo, até sua finalização.

2.2.3 Cronometragem de tempo de processo

A métrica que será utilizada para comparar os resultados do objetivo específico d, será a cronometragem do tempo de processo, para possibilitar uma comparação de desempenho do atual configurador de cubículos, com a montagem automatizada que será desenvolvida neste trabalho. Os testes cronometrados irão trazer valores quantitativos importantes, através deles serão analisados ganhos em tempo de processo, calculando o ganho médio por cubículo e ganhos percentuais em tempo de projeto.

Para Peinado e Graeml (2007), o estudo de tempos, que é frequentemente referido como cronoanálise, é uma técnica que tem como objetivo estudar os movimentos e tempo de execução de cada atividade dentro de um processo produtivo, permitindo identificar atividades que podem ser eliminadas, simplificadas ou automatizadas, tornando o processo mais eficiente e produtivo. (CARNEIRO, 2023, p. 16 apud Peinado e Graeml, 2007)

Serão realizadas as montagens de cinco diferentes estruturas de cubículos com cada um dos configuradores. Primeiramente, essas estruturas serão configuradas utilizando o configurador atual, e depois utilizando a montagem automatizada das estruturas, com base nos tempos cronometrados em cada montagem serão desenvolvidas as análises. Para cronometrar o tempo será utilizado cronômetro simples do celular.

2.3 FERRAMENTAS UTILIZADAS

Essa automação será realizada via uso do software Access com linguagem VBA e do software PTC Creo Parametric 8 com linguagem nativa própria.

2.3.1 PTC Creo Parametric 8

O PTC Creo Parametric 8 é um software CAD profissional para desenvolvimento de modelos em 3D e 2D, tal como outros já conhecidos no mercado como, SolidWorks, Inventor e CATIA, na figura 3 aparece a logomarca deste software.

Figura 3 – Logomarca CREO Parametric.



Fonte: (PTC, 2024)

A própria nomenclatura do software mostra que este é um software paramétrico, de modo que, o desenvolvimento dos modelos 3D podem ser feitos através da entrada de parâmetros.

É o software de desenho paramétrico ou CAD mecânico (MCAD) com uma abordagem de modelação paramétrica, que usa parâmetros para definir relações entre as características de um projeto 3D. (GARRIDO, 2017)

Este recurso torna o software Creo Parametric versátil para uso de automação em projetos de modelos em 3D, através de programação utilizando *Relations* e

Pro/Program, integrados a ferramentas externas para entrada de dados.

2.3.1.1 *Relations*

Para que o Creo funcione como paramétrico, é necessário a utilização da função nativa *Relations*, esta função permite que os parâmetros que determinam as características das peças ou montagens sejam alterados via código nativo Creo Parametric.

Relações (também conhecidas como relações paramétricas) são equações definidas pelo usuário escritas entre dimensões simbólicas e parâmetros. As relações permitem capturar a intenção do design definindo relacionamentos dentro de recursos ou peças, ou entre componentes de montagem. (traduzido de PTC, 2022)

2.3.1.2 *Pro/Program*

O *Pro/Program* é outro recurso fundamental para a realização da automação na configuração das montagens, através dele são realizadas as edições das características dentro do modelo 3D. Este recurso tem linguagem baseada em C++, e permite que sejam feitas condicionais lógicas para determinar e realizar edições automatizadas. “Os recursos de programação disponíveis no PTC Creo são baseados na linguagem de programação C++.”(DIAS, 2023, p. 32 apud PTC,2023)

2.3.2 Linguagem VBA (Visual Basic for Applications)

A VBA é a linguagem dos aplicativos do pacote Office da Microsoft, nesse contexto, se torna a linguagem mais apropriada para uso neste projeto, pois atualmente na Schneider Electric as ferramentas do pacote office são essenciais dentro do processo da empresa. “Microsoft Visual Basic for Applications (VBA) é a versão do Visual Basic fornecido com o Microsoft Office”.(MICROSOFT, 2023)

A linguagem VBA, traz consigo recursos úteis para automação de processos, as macros, que são programações prontas para automatizar processos simples, como abrir formulários e importar ou exportar arquivos.

Quando você clica no botão Macro na guia Desenvolvedor, a caixa de diálogo Macros é exibida e dá acesso às sub-rotinas ou macros do VBA que podem ser acessadas de um determinado documento ou aplicativo. O botão Visual Basic abre o Editor do Visual Basic, onde você pode criar e editar o código do VBA.(MICROSOFT, 2023)

2.3.3 Mapkeys

É um recurso do Creo Parametric para automatizar tarefas, ele funciona de forma similar à gravação de macros do Excel. A partir do momento que se tem um roteiro definido de tarefas executadas repetidamente, é possível gravar uma execução dessa tarefa e armazenar em uma *mapkey*, sendo através de um ícone na tela ou um atalho de teclas.

No Creo Parametric, uma tecla de atalho (mapkey) é uma macro de teclado que mapeia sequências de comandos frequentemente usadas para certas teclas ou conjuntos de teclas. Você pode definir uma tecla ou combinação de teclas única que, quando pressionada, executa a macro da tecla de atalho (por exemplo, F8). Você pode criar uma tecla de atalho para praticamente qualquer tarefa que você realiza frequentemente no Creo Parametric. (traduzido de PTC, 2024)

Este recurso será importante para viabilizar a integração do Access com o Creo Parametric, através dele será implementada a automação que faz a entrada dos dados do Access para dentro do Creo Parametric.

2.4 PROJETOS DE CONFIGURADORES DE MODELOS 3D

Existem outros desenvolvimentos de configuradores de modelos em 3D atualmente, devido à demanda que se tem por produtos customizados no mercado atual.

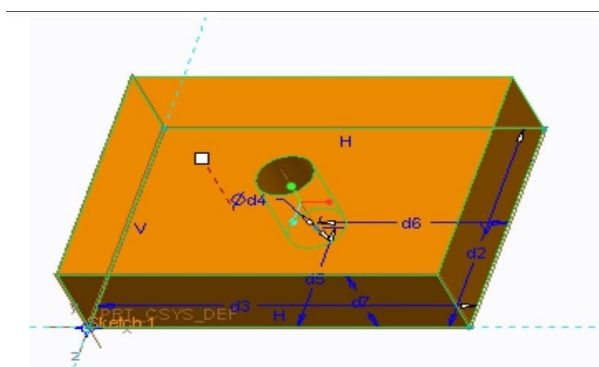
Com clientes buscando soluções cada vez mais específicas para atender suas necessidades, as empresas têm buscado formas de reutilizar seus processos e produtos com maior agilidade e menor custo (DIAS, 2023, p. 28 apud KRISTI- ANTO; HELO; JIAO, 2015).

Com isso já se tem alguns projetos semelhantes à disposição, com diferentes abordagens, mas utilizando a mesma metodologia, realizando a interação entre PTC Creo Parametric 8 e linguagem VBA.

2.4.1 Projeto de modelagem automática para variantes de produtos

Kadam e Nimbalkar (2015) apresentam em seu trabalho, o desenvolvimento de um configurador de montagens onde a entrada dos dados *Relations* é feita mediante uma tabela Excel, que gera um arquivo de texto o qual executa alterações nos *Relations* dentro do Creo, a figura 4 irá mostrar alguns exemplos de nomenclaturas dos parâmetros de uma peça dentro do Creo.

Figura 4 – Peça com parâmetros D2,D3, D4, D5, D6 e D7.

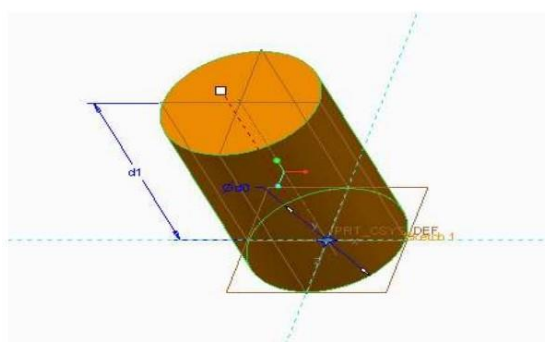


Fonte: (KADAM; NIMBALKAR, 2015)

A imagem acima, mostra uma das peças que foram utilizadas como exemplo no artigo, onde esta terá outra peça que será acoplada a ela, e essa dinâmica ocorre de forma automatizada com base na manipulação dos parâmetros aparentes na imagem. Na figura 5 aparecerá a segunda peça que será acoplada a primeira.

A segunda peça, conta com outros dois parâmetros D1 e D0, compreendendo que cada peça tem seus parâmetros individualmente, as condicionais de montagem entre elas, pode ser realizado então via comparação entre esses parâmetros.

Figura 5 – Peça com parâmetros D0 e D1.



Fonte: (KADAM; NIMBALKAR, 2015)

Ao adaptar o código desenvolvido por KADAM e NIMBALKAR (2015), o código implementado no *Pro/Program* aparece conforme a seguinte estrutura:

ENTRADA DOS RELATIONS

Declara variável MODELO DE BLOCO tipo string
 NOME DO MODELO = VERIFICAR
 SE FOR CILINDRO

```

FAÇA
D0 = 0,
D4 = 0,
D7 = 0,
FINALIZA RELATIONS

```

Neste código são mostrados os *Relations* configurados pelos autores do artigo, evidenciando que os parâmetros que eles desejam ajustar via *Relations*, são D0, D4 e D7. Para manipulação desses parâmetros, os dados que os *Relations* assumem, são provenientes da tabela 1 apresentada na sequência.

Essa tabela apresenta as possibilidades de dados de entrada no Creo, de modo que, essas são as possibilidades de valores que os parâmetros D0 e D1 podem assumir através da manipulação dos *Relations*.

Tabela 1 – Instâncias listando dimensões para cilindro

Instance Name	d1	d0
Cylinder	100	60
Cyl65 X 120	120	65
Cyl170 X 140	140	70
Cyl175 X 150	150	75
Cyl180 X 180	180	80

Fonte: (adaptado de KADAM; NIMBALKAR, 2015)

Após os *Relations* assumirem seus respectivos valores oriundos da tabela 1, a execução da montagem será feita ou não, a depender das condicionais implementadas no código de programação do *Pro/Program*, neste caso conforme o trecho de pseudocódigo a seguir, adaptado de KADAM e NIMBALKAR (2015):

```

ADICIONAR CARACTERÍSTICA
SE D1 FOR MAIOR QUE D2
ADICIONAR FURAÇÃO
SE NÃO
ADICIONAR CORTE
FINALIZA PROCESSO

```

Analisando o código, foi determinado via *Pro/Program* qual das opções seria selecionada para os valores de D0 e D1, utilizando operadores lógicos. No trecho do código, nota-se que, o corte circular ao centro peça retangular somente ocorre se D1

for maior que D2.

Este projeto apresentou uma abordagem semelhante, onde para tal desenvolvimento, também se utilizou linguagem VBA e Creo Parametric. O que difere deste presente trabalho, é que o gerador de arquivos de entradas para os *Relations* neste caso é o Excel, essa diferença se dá principalmente devido ao contexto onde cada projeto está inserido, mas ambas as ferramentas Access e Excel são viáveis para esse tipo de desenvolvimento.

2.4.2 Projeto Configurador de painel de baixa tensão modelo BlokSet

Neste projeto, será apresentado um configurador de painéis de baixa tensão, o qual tem maior proximidade com o presente trabalho, mas com propostas diferentes. O configurador de BlokSet apresentado, traz algumas diferenças, inicialmente a se tratar do modelo de painel, visto que BlokSet é um painel da categoria baixa tensão, segundo que este configurador tem o preenchimento de informações com base em características de projeto, ao invés de selecionar um arquivo com os dados prontos como no caso do presente trabalho. para conhecimento, a figura 6 apresenta um exemplo de painel BlokSet.

Figura 6 – Painel modelo Blokset.



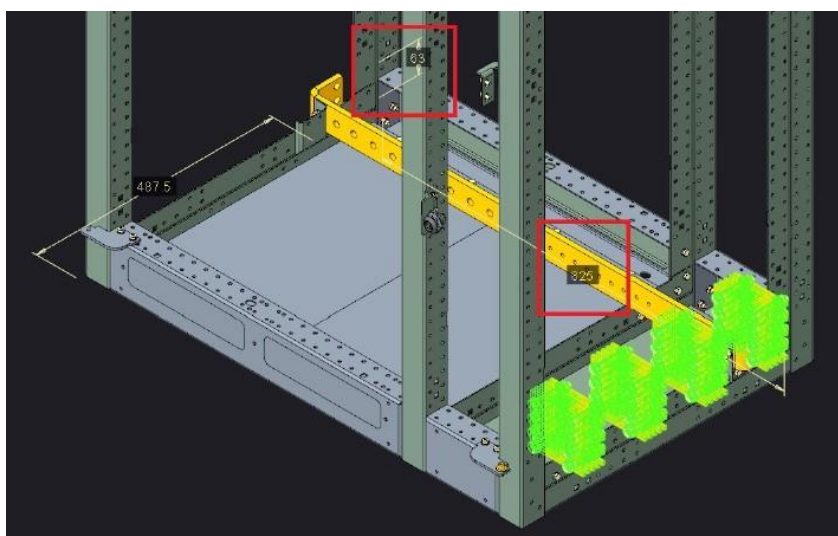
BlokSeT - quadro de distribuição BT inovador

Fonte: (ELECTRIC, 2024)

Uma importante diferença que pode ser destacada ao observar uma imagem do painel BlokSet e do painel PIX, é que nos painéis BlokSet há maior interação com os usuários, apresentando maior utilização de botões, chaves de comando e interfaces homem máquina (IHM).

No referido projeto também se utiliza os *Relations* para alterar parâmetros de montagens, e o *Pro/Program* para realizar a automação das montagens, a figura 7 apresenta os parâmetros deste projeto, semelhantes aos que foram apresentados nas figuras 4 e 5, reafirmando então que este é um recurso a ser explorado para montagens automatizadas no Creo.

Figura 7 – Parâmetros da montagem Blokset.



Fonte: (DIAS, 2023)

Em ambos os projetos se utilizam parâmetros semelhantes para estruturação de montagens, o pseudocódigo a seguir adaptado de DIAS (2023) é também um exemplo de *Relations* assumindo valores para alterar os parâmetros.

SE LARGURA = 700 mm

D14 = 625 mm

SE LARGURA = 900 mm

D14 = 825 mm

SE POSIÇÃO DO BARRAMENTO HORIZONTAL = SUPERIOR

D16 = 2037 mm

SE NÃO

D16 = 63mm

Analisando o trecho de código, ele mostra que os parâmetros d14 e d16 são alterados de acordo com os valores que os *Relations* LARGURA e POSIÇÃO DO BARRAMENTO HORIZONTAL assumem respectivamente. Assim como no projeto apresentado anteriormente, este também tem a entrada de dados via *Relations*, para

que através do *Pro/Program*, sejam executadas as tarefas automatizadas das montagens. Os dois projetos, apresentam tratativas e metodologia de trabalho semelhantes e funcionais, o que demonstra que este método de trabalho para desenvolvimento de automação no Creo Parametric é válido e pode ser explorado para este tipo de aplicação.

O que difere as abordagens destes dois objetos de pesquisa, para o presente trabalho, são as seguintes questões: com relação ao primeiro projeto estudado, embora também se utiliza linguagem VBA na ferramenta que gera os dados de entrada do Creo, é utilizado o Excel que possui macros diferentes para automatizar processos em relação ao Access.

Com relação ao segundo projeto abordado, o mesmo tem diferenças nos parâmetros utilizados para realização da automação, levando em consideração a diferenciação entre as peças a se utilizar com base na posição onde as peças serão montadas, de forma que, os *Relations* assumem valores referentes a dimensionamentos das peças.

O presente trabalho irá usar o Access para converter os dados de entrada do Creo, ao invés de utilizar as posições de montagem das peças nos *Relations*, serão utilizados os códigos dos materiais que constam na lista exportada pelo Satellite, em que o fator determinante no Access é identificar qual o código do material deve ser montado no cubículo, utilizando comparação com lógica condicional de programação, e em seguida gerar o arquivo apropriado para uso no Creo Parametric.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 DESENVOLVIMENTO APLICATIVO ACCESS

Neste capítulo será apresentado o desenvolvimento do projeto, a primeira etapa foi a criação de um aplicativo em Access com layout intuitivo para facilitar a dinâmica de trabalho dos projetistas. Este aplicativo será o responsável por gerar o arquivo que será lido pelo software Creo Parametric. A outra etapa será a realização das devidas montagens dentro do Creo Parametric e programação via *Pro/Program*, para realizar as operações lógicas e distinguir as montagens.

3.1.1 Definição de navegação entre telas Access

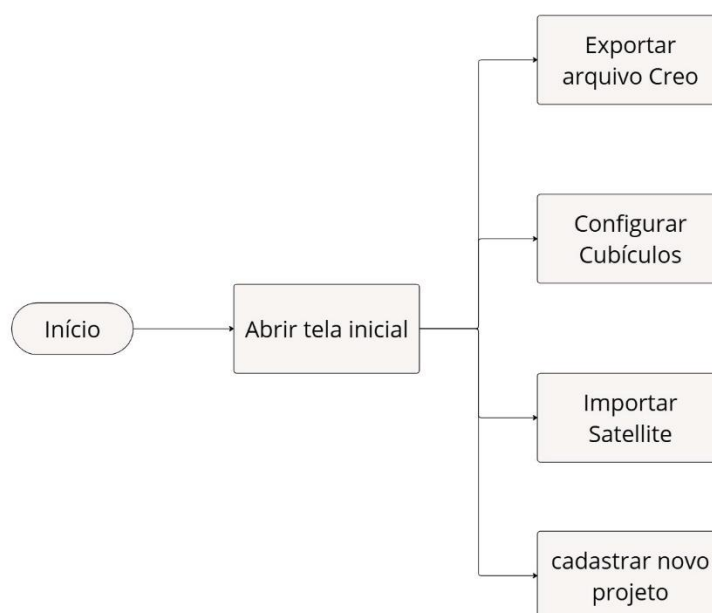
Um dos objetivos deste projeto é que a interface seja intuitiva para o usuário e eficiente na sua função. Então para isso o fluxo de atividades deve ser sequencial,

e bem estruturado para ser um processo robusto.

O fluxograma é uma ferramenta simples que pode ser usado para tomar decisões de maneira uniforme e a tomada de decisão são frequentemente utilizados na área de gestão associado a qualidade. (ROSA; VENÂNCIO; PENEDO, 2021)

Com essas informações, o fluxograma deste projeto foi projetado conforme simbologia apresentada na figura 2, e visando ser um fluxo contínuo. A ideia para este projeto então é contar com cinco telas de formulário para ser a interface do processo, a figura 8 mostra como foram idealizadas as opções para a tela inicial.

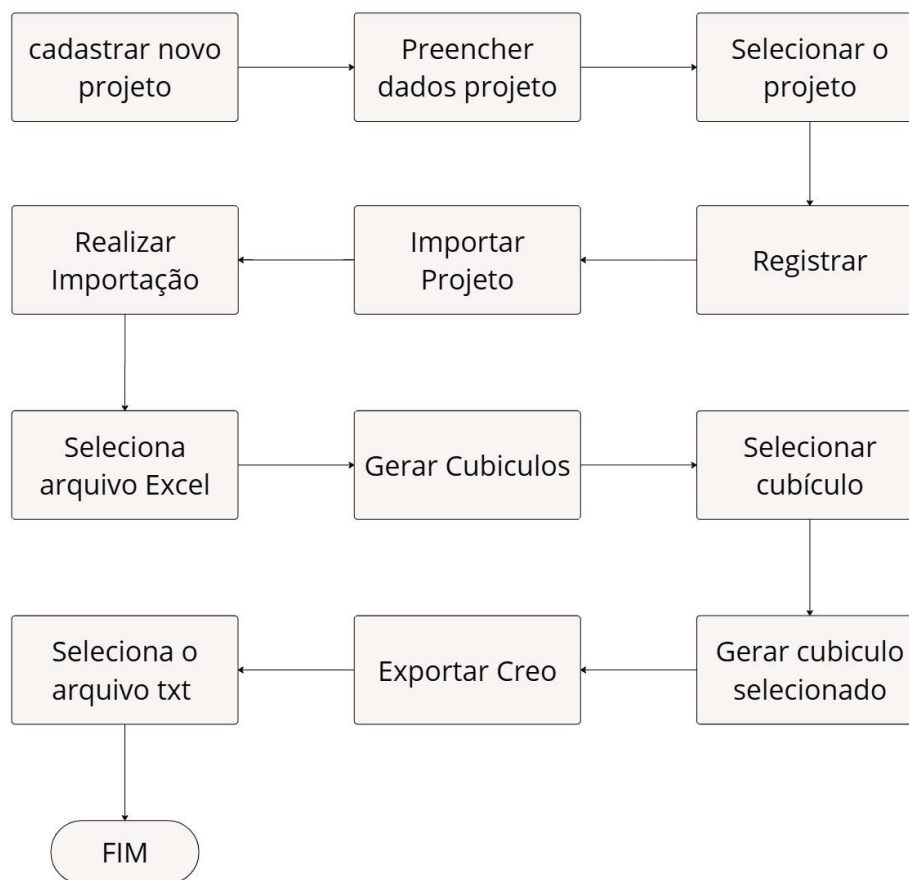
Figura 8 – Projeto de tela inicial.



Fonte: Do Autor

Neste caso, o que foi idealizado é, quando o usuário abrir a primeira tela, ele pode ter quatro diferentes caminhos para seguir, o primeiro caminho é iniciar um novo projeto, este será o caminho mais longo, pois se trata de um projeto ainda não registrado, portanto, a figura 9 ilustra as etapas desta opção.

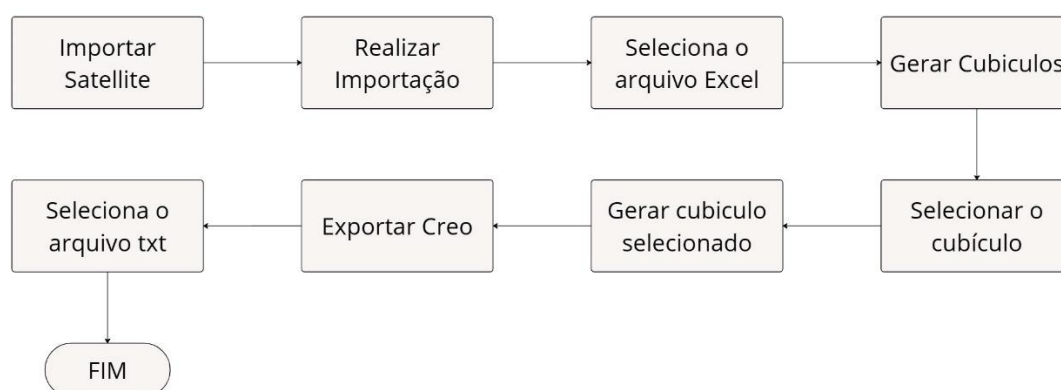
Figura 9 – Iniciar um novo projeto.



Fonte: Do Autor

Este caminho se mostra mais extenso justamente porque, através dele, o usuário irá completar o projeto até o fim, onde se inicia com o cadastro do projeto e finaliza com a exportação do arquivo TXT final. Porém, nas telas Access, deverão ter a opção fechar em cada uma delas, caso o projetista opte por finalizar a tarefa em outro momento, e por conta disso, a tela inicial conta com quatro opções. Na segunda opção, o projetista poderá retomar o processo a partir da etapa importar Satellite conforme na figura 10, nesta opção, o projetista não irá partir do início como apresentado na figura 9, pois ele estará dando sequência a uma atividade já iniciada em outro momento.

Figura 10 – Etapas a partir da opção importar Satellite.

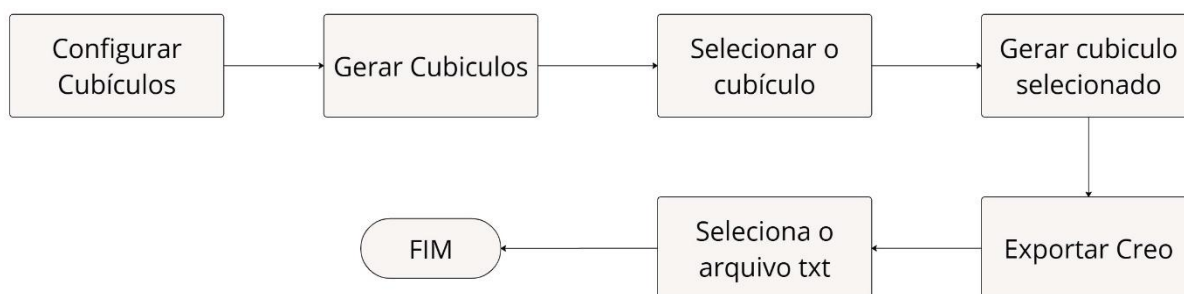


Fonte: Do Autor

Comparando os fluxos da figura 11 e figura 12, percebe-se que a figura 12 é literalmente a sequência a partir da tarefa Realizar Importação apresentada na figura 11, a mesma condição se aplica então para as outras duas opções restantes na tela inicial, apresentadas nas figuras 13 e 14 respectivamente.

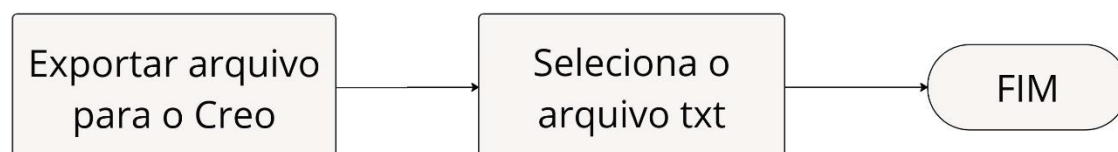
Após definir de maneira clara a proposta de fluxo de navegação entre as telas da interface Access, isso facilita a implementação e desenvolvimento do aplicativo.

Figura 11 – Etapas a partir da opção Configurar Cubículo.



Fonte: Do Autor

Figura 12 – Etapas a partir da opção Exportar arquivo para o Creo.



Fonte: Do Autor

3.1.2 Aplicativo Access

Este aplicativo precisa ser o responsável por eliminar a fase de configuração do projeto, por parte do projetista mecânico, pois esta é uma fonte de duplicidade de informação e retrabalho, e também consequentemente gera desperdício em horas de projeto.

Para resolver este tema, o aplicativo em access então, primeiramente, deve ser intuitivo, e suas funções mais importantes são: Ele deve realizar a leitura do arquivo Excel gerado pelo software Satellite, além de gerar um arquivo individualizado por cubículo em TXT para servir como arquivo de entrada de dados no Creo Parametric.

3.1.2.1 Layout e interface gráfica

Para o desenvolvimento do Layout existe uma limitação, neste caso, por se tratar de um desenvolvimento interno da Schneider Electric a interface gráfica necessita utilizar as cores padrões da empresa, e imagens dos painéis modelo PIX. Os layouts de interação do usuário foram desenvolvidos utilizando formulários do Access e conforme a estrutura de processo idealizada com os fluxogramas apresentados nas figuras 8, 9, 10, 11 e 12. Portanto, a seguir a figura 13 apresenta a tela inicial do aplicativo Access.

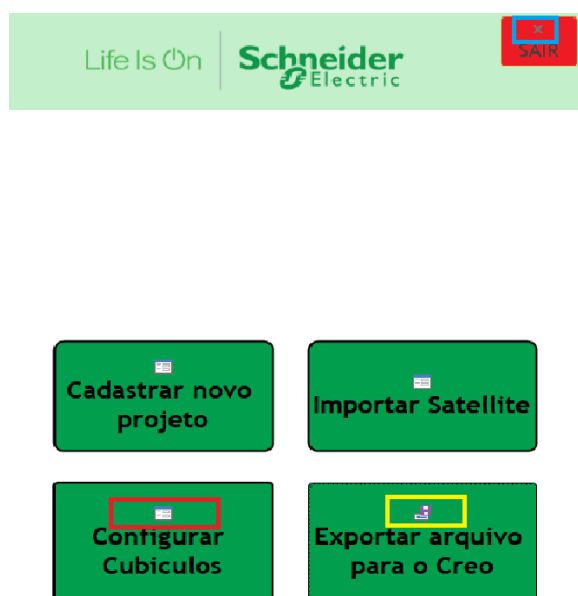
Formulário: interface gráfica para que o usuário faça o design, ou seja, uma estilização do que o usuário vai ter na tela, conforme o projeto desejado e podendo configurar seus dados e imagens. Nesta etapa é possível manipular botões e campos para executar operações precisas, como por exemplo, no cadastro de catequizandos. (SILVA, A. d. S. da et al., 2021)

Figura 13 – Tela inicial do aplicativo Access.



A tela inicial conta com cinco botões, o botão sair que fecha o aplicativo, os botões Cadastrar novo projeto, Importar Satellite, Configurar Cubículos e Exportar arquivo para o Creo. Esses botões, tem funcionalidades prontas conforme literatura apresentada, que são denominadas macros, essas macros permitem que sejam configuradas operações básicas de formulário, na figura 14 mostra em destaque os quadros em vermelho, amarelo e azul, apresentando os diferentes ícones de cada botão. Estes ícones são um recurso do Access que permite o usuário diferenciar que tipo de funcionalidade aquele botão executa, como abrir outro formulário após o clique, este é o caso do ícone do quadro vermelho, gravar uma informação em um novo arquivo no caso do quadro amarelo, e fechar a tela do aplicativo no caso do quadro azul.

Figura 14 – Ícones dos botões Access.



Fonte: Do Autor

Essas funções auxiliam na automação destes pequenos processos. Com isso, após clicar no botão Cadastrar novo projeto, o formulário da figura 15 se abre, e nessa tela o projetista insere as informações do projeto que irá trabalhar.

Figura 15 – Tela de cadastro de projetos.

CADASTRO DE PROJETOS CONFIGURADOR PIX

Life Is On | Schneider Electric

Sair

OV: B2-22222222-2222

Cliente: GENERIC PROJECT

Modelo Painel: PIX 24

Quantidade Colunas: 3

Registrar **Importar Projeto**

Fonte: Do Autor

Nesta segunda tela o projetista mecânico irá informar e registrar os dados do projeto, esses registros também são realizados via utilização de macros, que ao clicar no botão registrar, os dados informados nos campos acima serão registrados na tabela de registro de projetos, isso irá melhorar o controle de informação, inserindo dados como: OV (Ordem de Venda), nome do cliente, modelo de painel e quantidade de cubículos. Nesta tela, aparecem duas novas funcionalidades do Access que foram exploradas no projeto, na figura 16 mostra destacado o quadro preto com um dos campos de preenchimento, com o quadro amarelo uma caixa de combinações e com um quadro vermelho um novo ícone no botão Registrar.

Figura 16 – Funcionalidades Access

OV: B2-22222222-2222

Cliente: Generic Project!

Modelo Painel: PIX 24

Quantidade Colunas: 3

Registrar **Importar Projeto**

Fonte: Do Autor

Para estes recursos, o campo de preenchimento é uma funcionalidade que permite o usuário preencher o banco de dados de forma indireta, e nestes campos eles podem preencher as informações de duas diferentes formas. Primeiro informações com formatação pré-determinada, como no caso do campo OV, em que através de um recurso denominado máscara, ele deixa pré-estabelecido que os códigos inseridos neste campo serão na formatação XX-XXXXXXXXXX-XXXX, ou informações com formatação livre, como no caso dos campos Cliente e Quantidade Colunas.

A caixa de combinação é outra funcionalidade que aparece nessa tela, destacada no quadro amarelo, ela é similar ao campo de preenchimento com formatação pré-determinada. A diferença neste caso, é que esta tem opções pré-definidas de preenchimento, no caso apresentado, para Modelo Painel, só existem três opções sendo elas PIX 12, PIX 17 e PIX 24.

O botão registrar traz um novo ícone, destacado em vermelho, esse botão tem função de concluir o registro dos dados preenchidos nos campos anteriores dentro da tabela de banco de dados do Access. Após o usuário realizar os preenchimentos, ele deve obrigatoriamente clicar no botão registrar para que ele realize o registro adequadamente no banco de dados, caso contrário, o registro os preenchimentos serão perdidos.

Após finalizar o registro, o usuário então irá usar o segundo botão da tela, Importar Projeto, para realizar a importação dos dados da tabela em Excel para dentro de outra tabela interna do Access, ao clicar Importar Projeto o formulário da figura 19 irá abrir para execução da próxima etapa.

Figura 17 – Tela de importação de dados Satellite.

The image shows a web application interface for importing satellite data. The main heading is 'IMPORTAR MATERIAIS SATELLITE' in green text on a light green background. To the right of the heading is a red button labeled 'Sair'. Below the heading, there are two input fields: 'WBS' with a dropdown arrow and 'Cliente' with a text box. At the bottom of the form, there are two green buttons: 'Realizar Importação' and 'Gerar cubículos'. The Schneider Electric logo is visible in the bottom left corner.

Na tela importar materiais Satellite aparecem dois botões fundamentais para este projeto, sendo, o botão realizar importação e o botão Gerar cubículos. Neste caso, estes botões não contém ícones que definem sua funcionalidade, isso se dá por conta de que estes botões possuem mais de uma função cada um deles. Devido a isto, foram realizadas intervenções manuais no código de programação das macros destes botões utilizando linguagem VBA.

O botão realizar importação irá abrir uma caixa de pesquisa para o projetista, onde ele precisará abrir a pasta onde está salvo o arquivo Excel e selecionar o mesmo. Feito isso, ele irá importar os dados da tabela Excel para dentro de uma tabela no Access.

Após realizar a importação de dados, ao clicar no botão Gerar cubículos, irá abrir a próxima tela, que está ilustrada na figura 18, onde o usuário deverá selecionar o cubículo para gerar os arquivos que serão inseridos no software de desenvolvimento 3D.

Na última tela do processo, o projetista irá gerar um arquivo individualizado para cada coluna selecionada, ao clicar no botão Gerar cubículo selecionado e na sequência irá gerar o arquivo apropriado para usar como entrada no Creo Parametric, após clique no botão Exportar Arquivo para o Creo.

Figura 18 – Gerar arquivo individualizado das colunas.

Fonte: Do Autor

Nessa tela aparecem duas caixas de combinação, sendo que, através das informações WBS e Coluna, o botão Gerar cubículo selecionado, busca os materiais importados no banco de dados, do projeto representado pela WBS e do cubículo representado pela informação da Coluna, com isso, ele gera o arquivo TXT desse cubículo especificamente.

O botão Exportar Arquivo para o Creo, abre uma caixa de pesquisa para buscar os arquivos TXT, o usuário seleciona o arquivo deste cubículo gerado e o botão Exportar Arquivo para o Creo, converte os dados para o formato entendido nos *Relations* do Creo Parametric.

3.1.2.2 *Relação entre Tabelas*

Para estabelecer a relação entre as tabelas, foram selecionadas somente as colunas que contém dados relevantes na tabela Excel exportada do Satellite, dessa forma, determinando os dados que devem ser importados no Access e posteriormente exportados para o Creo.

Para a elaboração do projeto mecânico, essa análise deve ser realizada, evitando que sejam armazenados dados desnecessários na tabela dentro do Access, que podem tornar o processo mais lento, ocupando mais espaço de memória e demandando maior capacidade de processamento dos dados.

No caso desse projeto, optou-se por manter as mesmas nomenclaturas da tabela do Excel, na tabela do Access, os nomes das colunas de dados e nome da tabela, essa dinâmica faz com que a importação para dentro do Access seja feito de uma forma facilitada e assertiva, a Tabela 2 mostra o formato com que os dados são exportados pelo Satellite.

Para a configuração do cubículo no Creo são suficientes as informações contidas nas colunas Panel No, que se refere ao número do cubículo dentro do painel, e as colunas Material e Qty, assim, estas colunas contém as informações relevantes para a estruturação da montagem 3D, além de pensar na relação desses dados com o Creo Parametric, é preciso pensar também na relação desses dados com a tabela de projetos cadastrados dentro do Access.

Tabela 2 – Tabela Excel exportada do Satellite

Panel No.	Material	Qty	Unit	Description
1	ABM227166-12	1	PCE	Trava da porta BT
1	ABM355572-01	1	PCE	Limitador de abertura
1	BR689217-02	1	PCE	barra Cu 10x50 BA
1	BR998570-23	1	PCE	barra Cu 10x80 BA

Fonte: Do Autor

Tabela 3 – Tabela do Access após importar dados do Satellite

ID	WBS	Panel No.	Material	Qty
8478	B2-222222222-2222	1	ABM227166-12	1
8479	B2-222222222-2222	1	ABM355572-01	1
8480	B2-222222222-2222	1	BR689217-02	1
8481	B2-222222222-2222	1	BR998570-23	1

Fonte: Do Autor

As colunas importadas do Excel não são suficientes para relacionar a tabela de importação do Access com a tabela de registro de projetos, isso significa que a tabela importada para dentro do Access terá algumas adaptações. Conforme a tabela 3, que apresenta os dados importados para dentro do Access com a adição de novas colunas de dados.

Na tabela 2, as colunas Unit e Description não foram importadas, logo, estas não tem devida importância para o processo na totalidade, e foram incluídas as colunas ID, gerada automaticamente para controle interno do Access, e WBS (Work Breakdown Structure) que associa o código selecionado em WBS, na tela mostrada na figura 19, dessa forma, sabe-se que os materiais importados do Satellite se referem a determinada WBS que consequentemente representa um determinado cliente.

Com as duas colunas adicionais, ID e WBS na tabela de importação do Access, é realizada a relação entre as tabelas, utilizando os dados da coluna WBS que contém a mesma codificação da coluna OV (Ordem de Venda) na tabela de registros, foram utilizadas essas duas nomenclaturas diferentes para fins de facilitar a programação do código fonte em VBA.

WBS é a sigla para Work Breakdown Structure, que em português significa Estrutura Analítica de Projetos (EAP). Essa é uma ferramenta utilizada no gerenciamento de projetos para organizar o trabalho de um projeto de maneira simples, visual e hierárquica, a fim de que todos os stakeholders entendam o que precisa ser entregue para o sucesso do projeto.(ESPINHA, 2020)

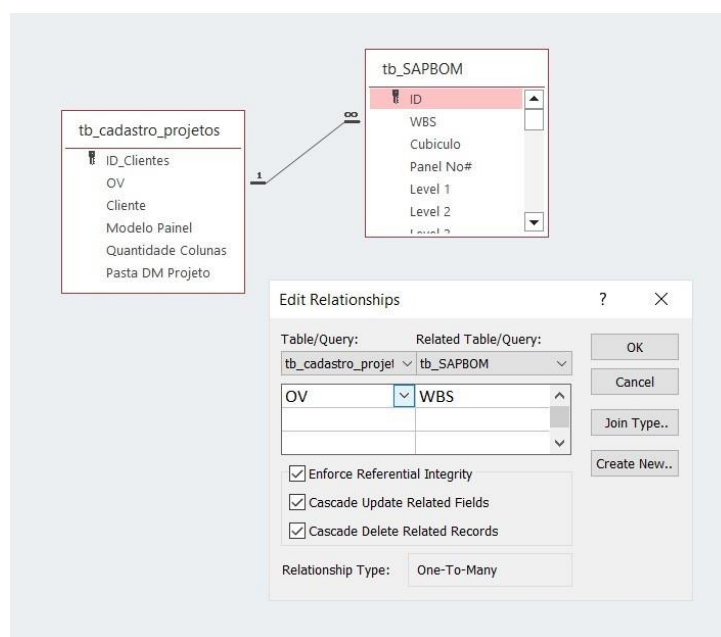
Tabela 4 – Tabela de registro de projetos

ID Cliente	OV	Cliente	Modelo Painel	Quantidade de cubículos
56	B2-222222222-2222	PIX 12 kV	PIX 12 kV	17
57	B2-111111111-1111	PIX 17 kV	PIX 17 kV	10
58	B2-333333333-3333	PIX 24 kV	PIX 24 kV	8
59	B2-555555555-5555	PIX 12 kV	PIX 12 kV	15

Fonte: Do Autor

A tabela 4 mostra como está estruturada a tabela de registro dos projetos. Com essas duas tabelas internas ao Access é possível então estabelecer uma relação entre elas, de modo que a tabela com os dados importados do Satellite depende da tabela onde são registrados os projetos por meio da relação cascadeada da coluna OV, com a coluna WBS, conforme mostra a figura 19.

Figura 19 – Relação entre tabelas



Fonte: Do Autor

Essa relação mostra que as atualizações ou exclusões realizadas na tabela de cadastro irão provocar efeitos na tabela SAPBOM, por meio da relação em cascata estabelecida entre os dados OV e WBS.

Quando você cria uma relação entre tabelas, os campos relacionados não precisam ter os mesmos nomes. No entanto, os campos relacionados devem ter o mesmo tipo de dados, a menos que o campo da chave primária seja um campo Numeração Automática. (MICROSOFT, 2024)

Utilizando esta relação, isso facilita o trabalho do Key-user da ferramenta, para que o mesmo consiga ter maior controle sobre os dados quando surgir a necessidade de manutenção. Essa relação também permite que o usuário consiga obter os dados de cada cubículo, buscando a informação pelo nome do cliente na tabela de registros sem precisar conhecer o código da ordem de venda.

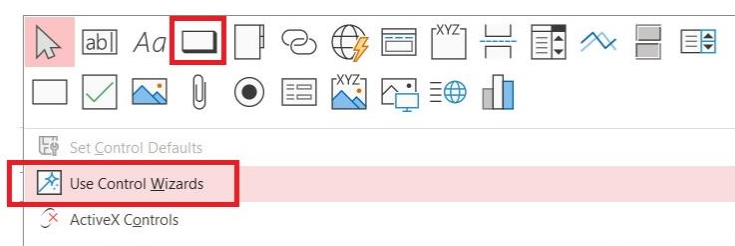
O key-user é um colaborador capacitado para atuar como especialista em um determinado sistema ou software. Além de dominar as funcionalidades da ferramenta, ele também entende as necessidades e especificidades dos processos internos da empresa, o que o torna uma

3.1.2.3 Programação VBA botões Access

No desenvolvimento deste aplicativo foram utilizados botões com diversas funcionalidades, muitas provenientes de macros do VBA com códigos prontos. Porém, em casos específicos como os botões de importação e exportação de dados, foram necessárias algumas intervenções manuais nos códigos destes botões, para adaptar as funcionalidades conforme a necessidade deste projeto.

Para os botões com macros prontas, utiliza-se o assistente de formulário, um recurso do Access que traz ao desenvolvedor, as opções de macros para uso, apresentando as funções que podem ser usadas para o botão que está sendo criado. A figura 20 mostra em destaque, o ícone que representa a função que cria um botão, e o assistente de formulário habilitado (*Use Control Wizard*).

Figura 20 – Criar botão com assistente de formulário



Fonte: Do Autor

Os botões, Realizar importação, Gerar cubículo selecionado e Exportar o arquivo para o Creo, desempenham as funcionalidades mais importantes do aplicativo Access. Onde o primeiro faz a importação dos dados do Excel para dentro do Access, o segundo filtra os dados de cada cubículo para posteriormente individualizar os dados por cubículo, e o terceiro botão que irá selecionar o arquivo gerado para o cubículo e converter o mesmo para o formato de entrada nos *Relations*. Para o botão importar *relations* o código em VBA vai ter a seguinte estrutura:

Clicar botão Realizar Importação

Abre caixa de busca do windows

Selecionar arquivo Excel

Arquivo Excel selecionado? Sim ou não

Se sim

Copiar os dados de interesse na tabela

Registrar os dados na tabela dentro do Access

Finalizar com a mensagem: Dados importados com sucesso !

Se não

Retornar mensagem: Nenhum arquivo foi selecionado

Encerrar operação

Finaliza o processo

Neste código, para o botão de Realizar importação, foi criado uma função onde se abre uma caixa de diálogo com filtro para arquivos Excel, pelo fato de ser a única opção de exportação de dados do Satellite. Na sequência, é feita então uma verificação de verdadeiro ou falso por meio de um operador condicional do tipo IF, de modo que se o usuário selecionou algum arquivo, então o Access faz os registros na tabela dentro do Access, caso contrário ele retorna zero, e encerra a operação com uma mensagem afirmando que nenhum arquivo foi selecionado.

O Visual Basic compara valores numéricos usando seis operadores de comparação numérica. Cada operador usa como operandos duas expressões que são avaliadas como valores numéricos.(MICROSOFT, 2024b)

Para o botão Gerar cubículo selecionado, a estruturação do código não contém nenhuma utilização de operadores lógicos, é uma tarefa contínua, conforme a seguir:

Clicar botão Gerar cubículo selecionado

Access busca realiza busca na tabela SAPBOM

Localiza as informações WBS, cubículo, material e quantidade

Realiza o filtro da WBS e do cubículo designados nas caixas de combinação

Copia os dados necessários

Abre a caixa de diálogo para o usuário

Usuário seleciona uma pasta para armazenar o arquivo TXT

Cria um novo arquivo TXT

Registra os dados no arquivo TXT

Finaliza o processo

Neste botão a primeira ação é a obtenção dos valores das caixas de combinação, aparentes na figura 18, onde são filtrados o código WBS e o número do cubículo, na sequência é verificada a pasta selecionada para salvar o arquivo do cubículo em TXT. Ao final ele faz os registros em TXT do arquivo, contendo as informações, WBS, número do cubículo, material e quantidade, que são as

informações relevantes para este desenvolvimento.

Em seguida, tem-se então o botão Exportar arquivo para o Creo, este botão irá ler o arquivo TXT gerado para o cubículo selecionado e a partir deste, transcrever os dados para o formato *Relations* que servirá de entrada de dados no software Creo Parametric. Para formatar estes dados foram criadas as variáveis que serão interpretadas dentro do software Creo Parametric, essas variáveis precisam ser idênticas às variáveis declaradas dentro dos *Relations* para que ocorra a correta associação de valores. Estes valores serão do tipo *string* que podem assumir diferentes valores, a depender dos códigos obtidos do Satellite.

Os códigos representam as diferentes montagens de materiais que serão geradas automaticamente no software 3D, essas variáveis declaradas no Access associam a elas os códigos de cada uma das peças listadas na tabela do Satellite.

O funcionamento desse código ocorre da seguinte forma: a variável "PORTA" dos *Relations* pode assumir dois códigos, ABM22222-02 ou BR88888-88, então, se um destes materiais aparecem na lista exportada do Satellite, para elaboração do projeto deste cubículo utilizará uma porta ou outra. Logo, uma verificação é realizada, identificando qual será o código que será associado à variável PORTA, para isso, deve-se realizar operações lógicas dentro do Access, com a seguinte estruturação:

Se na lista Satellite contem o código da porta BR88888-88

Associar o código BR88888-88 como valor da variável PORTA

Se na lista Satellite contem o código da porta ABM22222-02

Associar o código ABM22222-02 como valor da variável PORTA

Logo, essas condicionais fazem a identificação dos materiais utilizados no cubículo, em seguida são associados os códigos às suas respectivas variáveis, e dessa forma, quando o arquivo entrar no software Creo, os variáveis dos *Relations* terão as suas *strings* associadas a eles. Assim, a montagem poderá ser realizada automaticamente, com base nos parâmetros internos definidos no através do uso do *Pro/Program*.

É importante destacar que, a abordagem apresentada nos dois trabalhos comentados na fundamentação teórica, se faz presente neste desenvolvimento, de modo que as tratativas de seleção dos materiais são feitas de forma externa ao software e depois carregados para dentro do software, para que o mesmo faça também suas respectivas tratativas de comparação para execução das montagens.

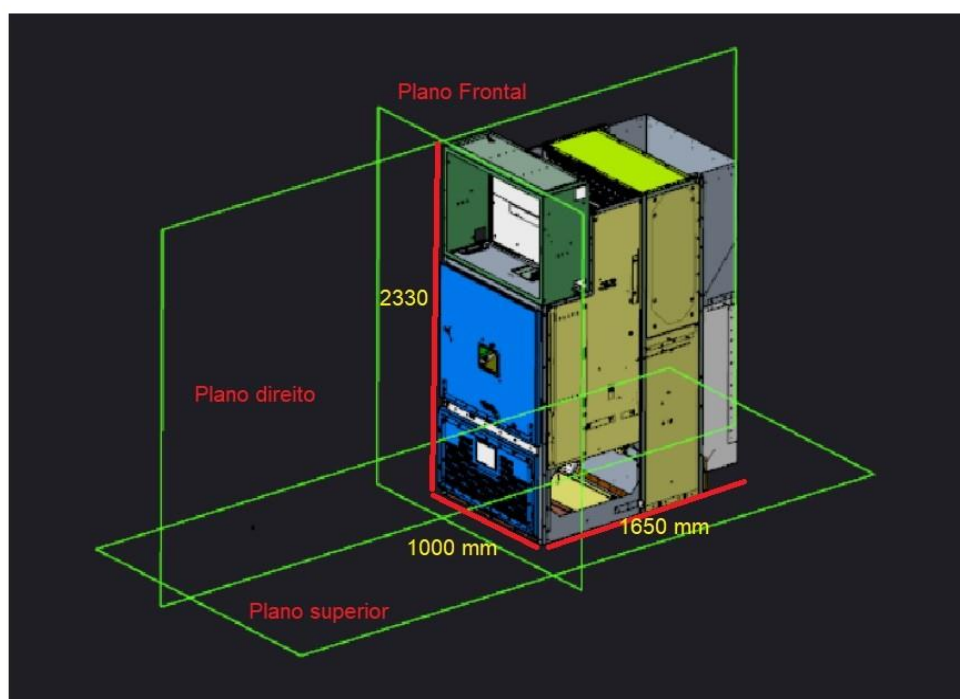
3.2. Montagem da estrutura principal

O planejamento da montagem estrutural do cubículo é fundamental para que o configurador opere adequadamente, assim foi idealizada, a seguinte metodologia de trabalho: gerar um cubículo matriz, onde o mesmo tem todas as montagens possíveis, e através do uso dos *Relations*, serão suprimidos os materiais que não fazem parte da estrutura do cubículo selecionado, permanecendo montados somente os materiais correspondentes a lista exportada pelo aplicativo Access.

Quando se trabalha com montagens em 3D de modo geral, é necessário alguns cuidados, principalmente ao referenciar as peças, evitando referenciar uma peça em outra, devido ao fato de que a exclusão, ou alteração na peça, pode ocasionar um erro em toda a estrutura por este material estar referenciado a outros materiais. Devido a isso, para que não ocorram interferências como essas durante a execução da automação, a ideia foi referenciar todos os componentes com base no plano cartesiano geral da montagem.

Com base nisso a figura 21 apresenta um exemplo, de como foi elaborada a montagem, neste caso, este fundo de painel, estará sempre a 1650 mm de distância do plano frontal, este teto dessa montagem estará sempre a 2330 mm de distância do plano frontal, e esta lateral direita do cubículo estará sempre 1000 mm de distância do plano direito.

Figura 21 – Montagem geral PIX



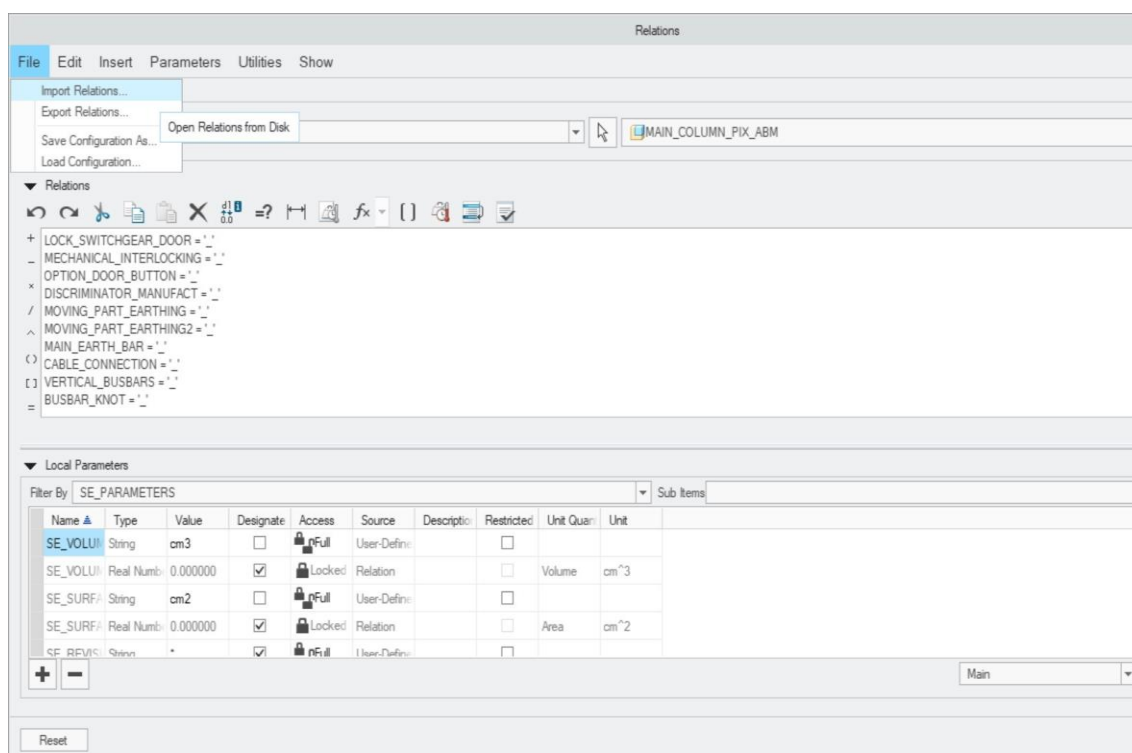
Os planos adotados nas montagens dentro do Creo Parametric seguem, conforme a norma do primeiro diedro, conforme norma adotada pela ABNT no Brasil, segundo (SILVA, A. et al., 2000) os objetos no primeiro diedro são representados pelas vistas frontal, superior e lateral esquerda, também chamadas de elevação, planta e perfil, respectivamente.

No Brasil, de acordo com a NBR10067 instituída pela ABNT (Associação Brasileira de normas técnicas) permite a representação tanto no primeiro diedro, como no terceiro diedro, sendo a mais utilizada a do 1º diedro. (FERREIRA JÚNIOR, 2022, p.7 apud ABNT, 2022)

Através do método apresentado na figura 21, utilizando os planos do 1º diedro para orientar a montagem das estruturas, e definir distâncias fixas de cada ponto da peça para o referido plano, garante-se que, quando uma peça da montagem geral for suprimida durante processo da configuração automática, isso não irá afetar as outras peças que não estão suprimidas, pois elas não estão referenciadas entre si, e suas referências de posicionamento dependem exclusivamente da distância com relação aos planos.

Logo, após montar a estrutura nesses moldes, foi realizada a programação com *Pro/Program* para que o mesmo execute a função de suprimir os materiais que não constam na lista do respectivo cubículo, e manter a montagem dos demais materiais presentes na lista, a figura 22 apresenta as variáveis *Relations* sem valores associados a elas.

Figura 22 – Página *Relations*



Esta é a janela *Relations* dentro da montagem matriz desenvolvida, ela tem a opção de importar *Relations*, e essa opção juntamente do *Pro/Program* e do uso de *Mapkeys*, possibilitam a realização das automatizações neste processo, viabilizando o desenvolvimento das montagens em 3D.

3.3. Programação *Pro/Program*

A programação no *Pro/Program* seguirá de forma semelhante aos projetos estudados na seção 2, de modo que, por meio de operadores lógicos, serão desenvolvidas as lógicas de separação das peças, distinguindo os materiais que permanecem na montagem daqueles que serão suprimidos. Assim, a estrutura de programação foi desenvolvida conforme o trecho de pseudocódigo abaixo:

Se PORTA = BR88888-88

Adicionar porta BR88888-88 à montagem do cubículo

Se PORTA = ABM22222-02

Adicionar porta ABM22222-02 à montagem do cubículo

Com essa programação do *Pro/Program*, ele irá comparar os códigos dos materiais que constam dentro de cada *Relations*. Por exemplo, identificar qual o código importado do Satellite associado ao parâmetro PORTA dentro da janela *Relations*, se for o AGSC75055-08, então o Creo irá adicionar o material correspondente a esse código na montagem do cubículo, e manter suprimidas as outras opções de códigos que poderiam corresponder a esta variável.

3.4. Automação da entrada de dados com uso de *Mapkeys*

A última etapa do processo de automatização das montagens das estruturas 3D, é realizar a entrada dos dados no Creo Parametric, essa função será realizada através do uso de uma *mapkey*. Este é um recurso de automação de processos, interno do Creo, mas que atua de forma semelhante as macros do pacote Office, onde é possível gravar a sequência de operações em um atalho.

Para este projeto, a sequência que a *mapkey* executa para realizar a montagem de forma automatizada é a seguinte: inicia o processo abrindo a montagem matriz, em seguida grava uma cópia dessa montagem no diretório de trabalho do usuário, durante esta execução, a *mapkey* interrompe seu funcionamento para que o

usuário digite o nome da montagem, na sequência o usuário no botão ok, e a *mapkey* retoma a sua funcionalidade. Ela abre a janela *Relations* da nova montagem, clica na opção importar *Relations*, abre o último arquivo TXT dentro do diretório especificado pelo usuário, importa os *Relations* presentes no arquivo selecionado, clica em ok, em seguida, após importar os *Relations* ela clica na opção regenerar montagem, e o cubículo se regenera com a formatação de acordo com os códigos do Satellite.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após realização dos testes de montagens com diferentes formatos de cubículos, é possível afirmar que, o objetivo geral foi atendido de maneira integral, de modo que o processo por parte do projetista mecânico consiste em abrir o aplicativo Access, executar a importação e gerar os cubículos, e dentro do Creo clicar no ícone da *Mapkey* e dessa maneira a estrutura aparece completamente montada de acordo com os materiais listados.

4.2. Interface Access

As figuras 13, 15, 17 e 18 do capítulo 3, apresentam as interfaces Access desenvolvidas, elas atendem as necessidades propostas, contam com layout intuitivo em conformidade com os pontos apresentados na seção 2.2.1, e funcionam em conformidade com fluxograma projetado para a correta sequência de tarefas a serem realizadas.

Com relação às funções de conversão dos dados de Excel para uma versão final em TXT, esta funcionalidade também tem desempenho satisfatório, conseguindo gerar o arquivo final corretamente para ser utilizado no Creo Parametric.

O layout intuitivo é extremamente importante devido ao impacto no tempo de familiarização dos projetistas com a nova ferramenta, e torna a dinâmica de interação mais rápida, ajudando a contribuir com o ganho em tempo de projeto.

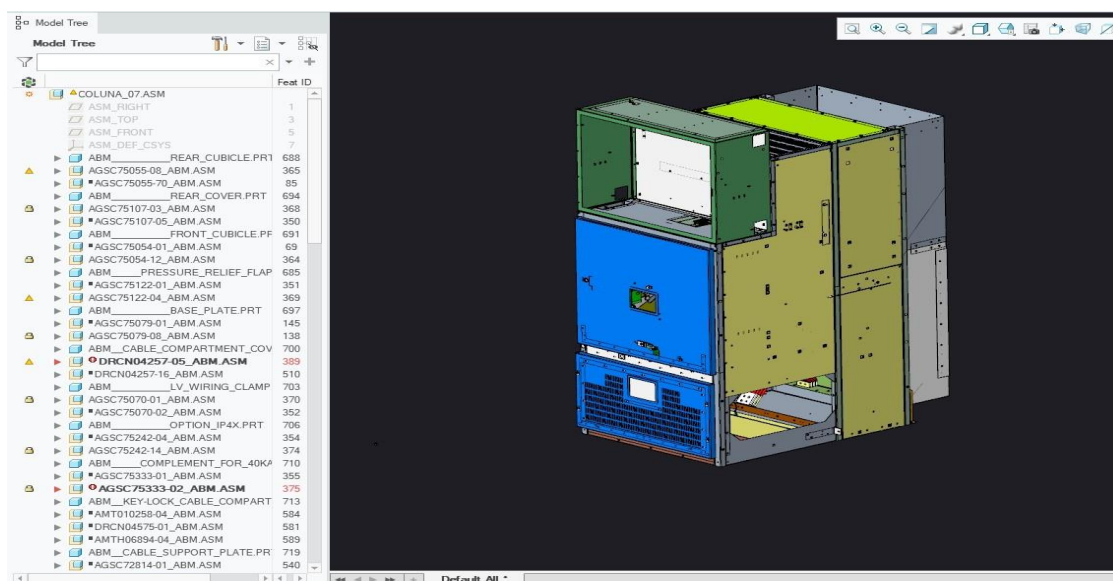
4.3. Configuração da montagem 3D de forma automatizada

O objetivo principal do projeto foi alcançado, a realização da montagem automatizada dos modelos em 3D, ocorre adequadamente, conforme a lista de materiais exportada do Satellite, com as listas individualizadas para cada cubículo.

A seguir, são apresentados dois exemplos de montagens realizadas automaticamente. O cubículo 07 na figura 23 é um PIX 12 kV modelo de 1000 mm de

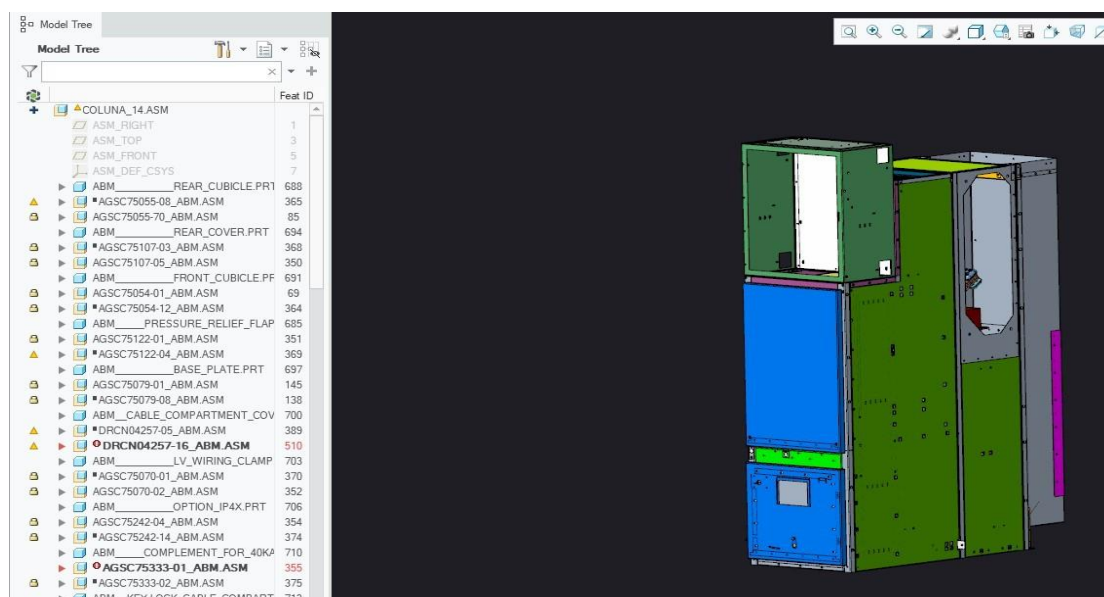
largura, e o cubículo 14 na figura 24 é um PIX12 kV de 650 mm de largura.

Figura 23 – Cubículo PIX 12 kV modelo 1000 mm de largura



Fonte: Do Autor

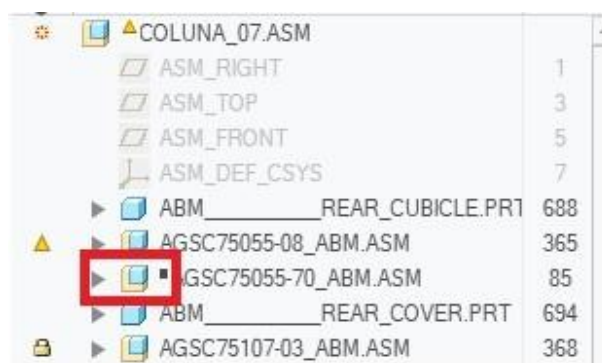
Figura 24 – Cubículo PIX 12 kV modelo 650 mm de largura



Fonte: Do Autor

Para estes cubículos, os códigos associados aos *Relations* estão de acordo com peças projetadas seus respectivos dimensionamentos de largura. Como pode ser observado na árvore de peças à esquerda, os itens que não compõem as montagens estão suprimidos, a figura 25 mostra dentro do quadro vermelho um ponto escuro ao lado do ícone de uma peça, indicando que este material está suprimido da montagem.

Figura 25 – Símbolo que indica que o material está suprimido



Fonte: Do Autor

Este símbolo indica material suprimido para esta montagem especificamente, devido as condicionais analisadas no *Pro/Program*. Em outras montagens, os materiais suprimidos nesta montagem podem aparecer, e os materiais que aparecem nesta montagem podem estar suprimidos, dependendo somente da lista de materiais que é importada para o Creo.

4.4. Redução de etapas de projeto

Nesta seção serão mostrados alguns dados obtidos com a experimentação do novo modelo e os impactos gerados em tempo de projeto e processo como um todo.

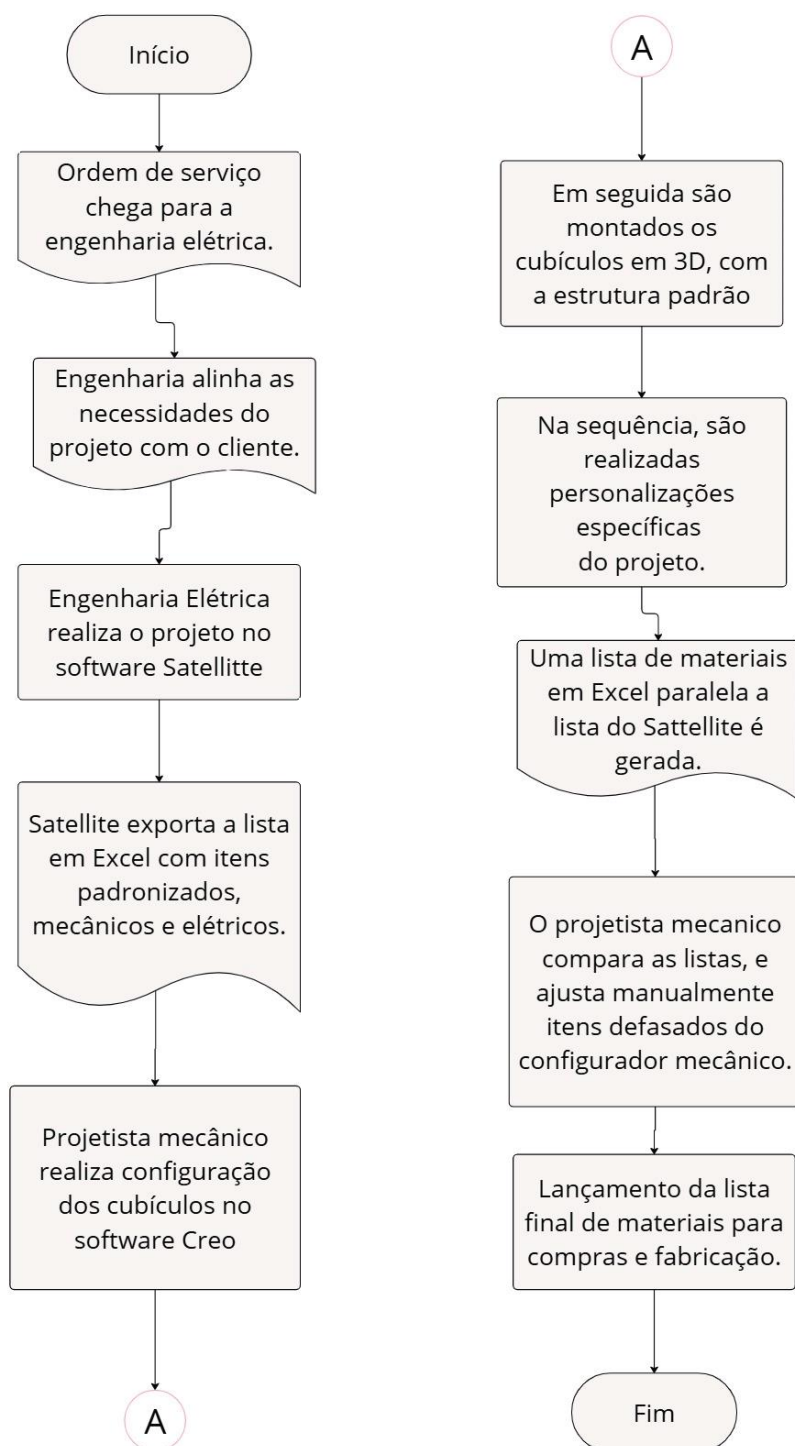
Em conformidade com a seção 2.2.2, para avaliar a melhoria do processo como um todo, serão desenvolvidos dois fluxogramas, conforme simbologia da Figura 2, para evidenciar o impacto final que o novo configurador automatizado trouxe ao processo geral de projetos de engenharia.

O processo atual de projetos no setor de engenharia é representado na figura 26 através de um fluxograma, onde mostra que atualmente existem dez etapas dentro do processo.

O novo fluxo de trabalho apresentado na figura 27, desenvolvido após a implementação do novo configurador, mostra que houve redução de etapas no processo de projetos de engenharia, reduzindo o número de dez para oito etapas.

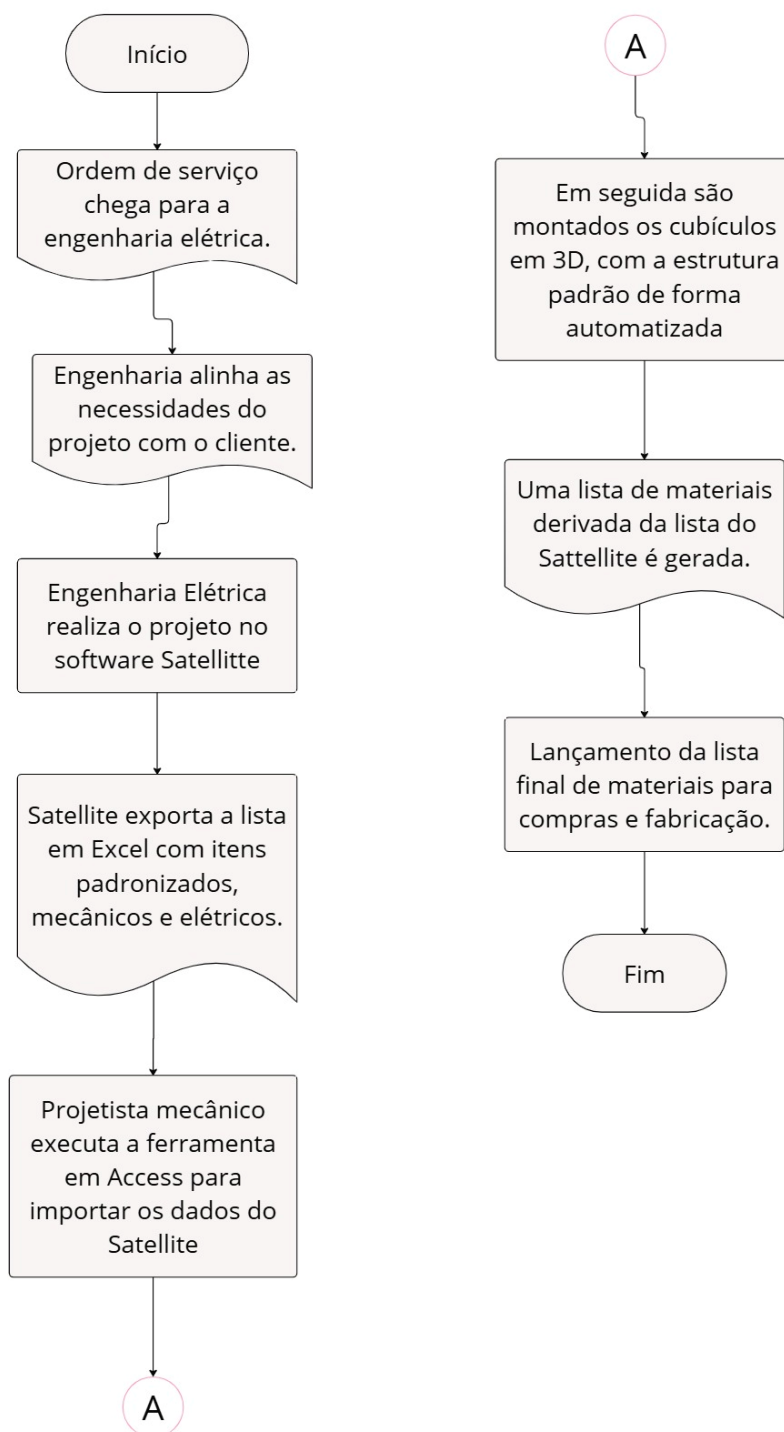
Ao analisar os dois fluxogramas, as seguintes alterações podem ser observadas: a etapa onde o projetista mecânico realizava um retrabalho de configuração de informações técnicas, foi trocada pela importação do arquivo gerado pelo Satellite. Além disso, a etapa em que o projetista fazia intervenções manuais para finalizar a montagem 3D padrão, foi removida do fluxo, já que o cubículo se configura automaticamente usando os dados exportados do Satellite.

Figura 26 – Atual fluxo de trabalho



Fonte: Do Autor

Figura 27 – Novo fluxo de trabalho



Fonte: Do Autor

Adicionalmente a redução do processo, existe um ganho qualitativo, relacionado as listas finais de materiais. Com este novo fluxo de trabalho, a mesma lista gerada no Satellitte, será a lista final do processo que é exportada pelo Creo, com adição das peças adaptadas pelo projetista mecânico, dessa forma não existe a necessidade do projetista realizar comparações e ajustes manuais na lista final do Creo.

4.5. Redução de tempo na etapa de configuração de cubículos

Conforme a literatura abordada na seção 2.2.3, para avaliar o objetivo específico d, foi utilizado a metodologia de testes cronometrados. Para esta etapa, foram realizadas as montagens de 5 modelos de cubículos com ambos os configuradores, com o intuito de medir o tempo de configuração através da utilização do cronômetro, e depois avaliar as diferenças de tempo entre eles.

Logo, com esses testes de comparação entre o configurador antigo e o atual, foram feitos levantamentos de dados, onde os resultados dos testes aparecem na tabela 5, considerando o tempo em minutos. A partir dos dados da tabela 5 foi plotado o gráfico mostrado na figura 28 para auxiliar na análise de desempenho entre os configuradores.

Existe um ganho de tempo no processo, o ganho médio foi de aproximadamente oito minutos por cubículo, e isso a longo prazo pode ser ainda mais benéfico para o projetista e para a companhia, existem projetos de painéis que demandam necessidade de projetar números elevados de cubículos, como em torno de 40 a 50 cubículos em um único painel.

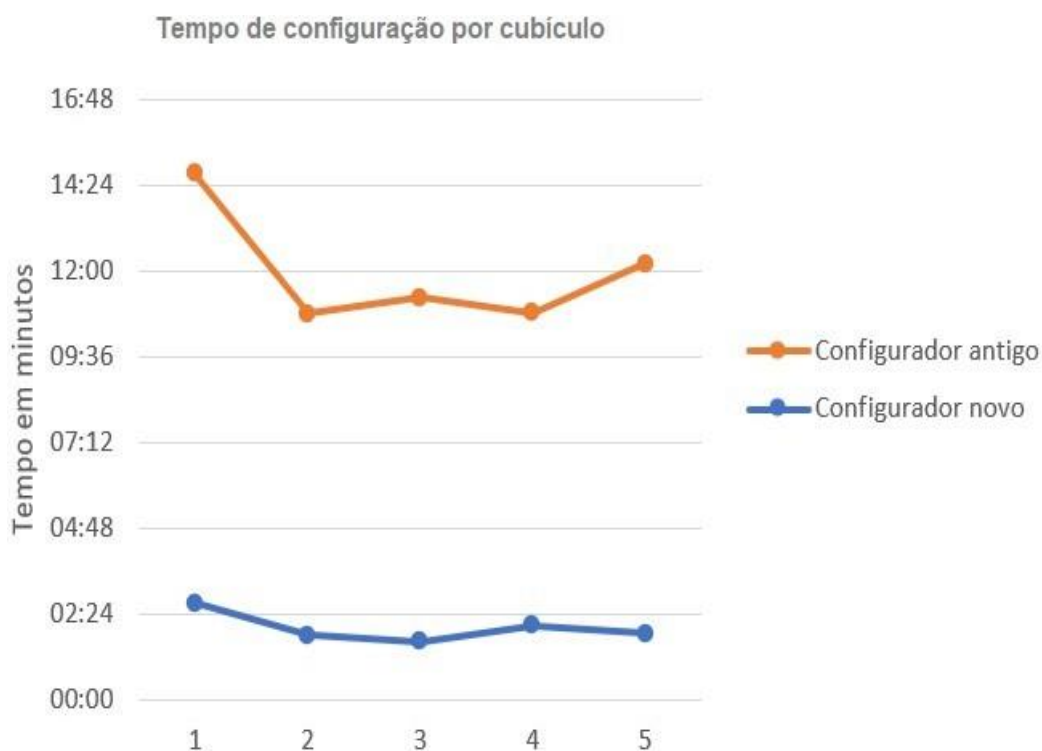
Tabela 5 – Comparação entre tempos de configuração de cubículo

	Configurador antigo	Configurador novo
Cubículo 1	12:01	02:43
Cubículo 2	08:59	01:50
Cubículo 3	09:36	01:39
Cubículo 4	08:44	02:06
Cubículo 5	10:20	01:53
Tempo médio	09:56	02:02

Fonte: Do Autor

Com esses dados outra análise quantitativa que pode ser realizada, ao comparar os tempos médios, é estimar o ganho percentual em tempo para cada cubículo, realizando os cálculos, o ganho médio apresentado pelos testes foi de 79,53% no tempo de configuração de cada cubículo. Com estes resultados é possível perceber que, o ganho de tempo foi considerável e o objetivo específico d foi atingido de maneira satisfatória.

Figura 28 – Gráfico comparativo de desempenho entre configuradores



Fonte: Do Autor

Nessa análise destaca-se que, os primeiros cubículos para os dois casos, são aqueles que demandam maior tempo para configuração, isso se deve ao fato de que, ao configurar o primeiro cubículo a memória de trabalho do software Creo Parametric está vazia, isso faz com que o processo de carregar as montagens se torne mais lento, quando as montagens já estão sendo realizadas, as peças ficam em memória cache para as próximas montagens, dessa forma, faz com que as montagens seguintes ocorram mais rapidamente, pois as peças estão alocadas em uma memória de rápido acesso para o software.

Outro quesito que influencia essa característica, é o tempo que o projetista leva para inicializar o software e abrir a documentação do projeto, pois para as montagens seguintes, não se executam estas tarefas.

4.6. Desafios do projeto

Durante desenvolvimento do projeto foram encontrados alguns desafios, o projeto precisou ser desenvolvido obrigatoriamente com os softwares Access e Creo Parametric, devido ao fato de que estes são os recursos disponibilizados pela Schneider Electric Blumenau, para o desenvolvimento de projetos na equipe de Engenharia.

Essa condição trouxe a este trabalho algumas limitações, como no caso do uso de *Mapkeys* como ferramenta de importação de dados e a utilização de formulários Access como interface gráfica de interação com o usuário. Embora existam no mercado ferramentas mais apropriadas para exercer estas atividades, a automação do processo foi desenvolvida de forma satisfatória mesmo com as limitações.

5. CONCLUSÃO

A proposta deste trabalho é desenvolver um novo configurador de cubículos, com a realização da montagem em 3D automatizada, para atender à necessidade do setor de Engenharia de Aplicação de Média Tensão da Schneider Electric Blumenau. Com os resultados obtidos, é possível concluir que o projeto atingiu seus objetivos, de forma íntegra.

Para o objetivo a, o intuito de desenvolver uma interface de fácil compreensão foi atingido, com funções bem definidas e clareza nas nomenclaturas dos botões. Com relação ao objetivo b, o mesmo foi integralmente atendido, visto que este era parte fundamental para se conseguir atender o objetivo geral. O objetivo c, também foi integralmente atendido, de modo que o processo foi reduzido em duas etapas. E por fim o objetivo d, foi atingido de forma satisfatória mostrando uma redução de tempo médio de 79,53% do tempo de execução em comparação ao método atual utilizado na empresa.

Após a finalização do projeto, o mesmo apresenta potencial para melhorias futuras, como, tornar esta automação aplicável não somente ao modelo de painel PIX, mas também a outros modelos disponíveis no catálogo de vendas da Schneider Electric.

Nesse contexto conclui-se que, este trabalho atendeu às expectativas e mostrou que a aplicação deste software trará benefícios para a empresa, pois ele executa bem as tarefas automatizadas, reduz o tempo de processo e consequentemente, o tempo de projeto na totalidade dentro do setor de Engenharia de aplicação.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **REN 414/2010**: Resolução Normativa 414. 1 ed. Brasília: Governo Federal, 2010. 291 p.

NEVES, Antônio José Fonseca. **PROJETO E DIMENSIONAMENTO TÉCNICO DE SUBESTAÇÃO ABRIGADA NA CLASSE DE 13,8 kV: ESTUDO DE CASO**: .. 2023. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Energias, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável - Ieds, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção - Ce, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unilab.edu.br/jspui/bitstream/123456789/5020/1/ANT%20JOS%20FONSECA%20NEVES.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2024.

ALMEIDA SILVA, Humberto Denys de *et al.* Proposta de utilização da ferramenta fluxograma para mapeamento dos processos aliado ao Planejamento e Controle da Produção (PCP) em uma fábrica de estofados. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, e6710313057–e6710313057, 2021.

ANEEL, Brasil. **Regulação: saiba mais sobre regulação técnica e econômica do segmento de distribuição de energia elétrica**: . [S.l.], 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/distribuicao/regulacao#:~:text=O%20sistema%20de%20distribuic%C3%A7%C3%A3o%20C3%A9,que%20%2C3%20kV>. Acesso em: 8 abr. 2022.

ARRANZ GONZÁLEZ, Rodrigo *et al.* Aplicación para la gestión de stock, inventario y trazabilidad para pequeñas bodegas elaborada con Microsoft Access, 2024.

CORREA, Gustavo Cavalcante; ÁVILA, Nícollas Aguiar; OLIVEIRA SILVA, João Gabriel de; CARR, Caroline Nunes; CARR, Renato Ferreira. Microsoft Access: tudo o que você precisa saber para gerenciar seu banco de dados de maneira eficaz. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 5, e4512541324–e4512541324, 2023.

DIAS, Eduardo Felipe. **Desenvolvimento de um configurador mecânico para painel elétrico de baixa tensão Blokset**. 2023. TCC (Graduação) – Universidade Regional de Blumenau, Centro de Ciências Tecnológicas, Blumenau. 62 f.

EL OUADHANE, Hareth; HAIM, Mario; SPITZER, Helmut; KALTENBORN, Uwe; SUMMER, Raimund. Solutions For Internal Arc Protection Acc.. Iec 62271-200 With Pressure Relief Into The Switchgear Room For Gas And Air Insulated Medium Voltage Switchgears. *In*: 1137. 21ST International Conference on Electricity Distribution. [S.l.: s.n.], 2011.

ELECTRIC, Schneider. **BlokSet**: . [S.l.], 2024. Disponível em: <https://www.se.com/br/pt/product-range/820-blokset/#overview>. Acesso em: 10 dez.

2024.

ESPINHA, Roberto Gil. **WBS: Entenda como e por que utilizar uma Estrutura Analítica de Projeto**. Acessado em: 05 de Dezembro de 2024. 2020. Disponível em [https://artia.com/blog/wbs/#:~:text=WBS%20%C3%A9%20a%20sigla%20para,Ana%20C3%ADtica%20de%20Projetos%20\(EAP\)..](https://artia.com/blog/wbs/#:~:text=WBS%20%C3%A9%20a%20sigla%20para,Ana%20C3%ADtica%20de%20Projetos%20(EAP)..)

FERREIRA DE OLIVEIRA, Maxwell. **Metodologia científica: um manual para a realização de pesquisas em Administração**. [S.l.: s.n.], 2011.

FERREIRA JÚNIOR, Carlos Augusto. Geometria descritiva e desenho técnico: um contexto histórico, 2022.

FREITAS, Gabriela Moreira de. **Processos de fabricação e seleção de materiais para estruturas de painéis elétricos de média tensão**. Acessado em: 03 de Dezembro de 2024. 2024. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/20725/TCC_MARIANA%20DE%20FREITAS_FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

GARRIDO, Patrick Costa. **Desenvolvimento e conceção de painel de distribuição de média tensão**. 2017. Tese (Doutorado).

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 62271-200: IEC 62271-200:2021**. Genebra, 2021.

KADAM, Akshaykumar V; NIMBALKAR, UM. Automatic assembly modeling for product variants using parametric modeling concept. **International Journal of Engineering Research and Technology**, v. 4, n. 4, p. 79–89, 2015.

KAMTHE, Dipali; BHASME, NR. Comparative Analysis Between Air Insulated and Gas Insulated Substation-A Review. **Journal of Electrical Engineering & Technology**, v. 9, n. 4, p. 24–32, 2018.

LIMA, Jeconias Freitas de; SOUSA JÚNIOR, José Venâncio Lopes de; SOUSA SILVA, Diego Romão de; FERREIRA, Everton Valério Gomes; GONÇALVES, Paulo Alves. APLICAÇÃO DA CRONOANÁLISE EM PROCESSOS INDUSTRIAIS. **Revista Mangaio Acadêmico**, v. 5, n. 1, p. 81–106, 2020.

MICROSOFT. **Como definir relações entre tabelas em um banco de dados do Access**. [S.l.: s.n.], 2024. Elaborado por Microsoft. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/office/troubleshoot/access/define-table-relationships>. Acesso em: 11 dez. 2024.

MICROSOFT. **Operadores de comparação no Visual Basic**. [S.l.: s.n.], 2024. Elaborado por Microsoft. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/dotnet/visual-basic/programming-guide/language->

[features/operators-and-expressions/comparison-operators](#). Acesso em: 11 dez. 2024.

MICROSOFT. **Visão Geral do Visual Basic For Applications de 64 Bits**. [S.l.: s.n.], 2023. Elaborado por Microsoft. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/office/vba/language/concepts/getting-started/64-bit-visual-basic-for-applications-overview>. Acesso em: 11 dez. 2024.

PTC. **About Relations**. [S.l.: s.n.], 2022. Elaborado por PTC. Disponível em: https://support.ptc.com/help/creo/creo_pma/r11.0/usascii/index.html#page/fundamentals/fundamentals/About_Relations_1.html. Acesso em: 10 out. 2024.

PTC. **PTC University: Creo**. [S.l.: s.n.], 2024. Elaborado por PTC. Disponível em: <https://www.ptc.com/en/ptc-university>. Acesso em: 12 dez. 2024.

ROSA, Rafael Andrade Santos da; VENÂNCIO, Sidirley Daniel; PENEDO, Fabrício Ramos. A relevância do fluxograma para a análise crítica do PNT 2018-2022-gestão pública do turismo no Brasil. **Brazilian Journal of Business**, v. 3, n. 2, p. 1386–1397, 2021.

SILVA, Adriane dos Santos da; SANTOS, Debora Martins dos; SILVA, Fábio Ramos da; SANTOS BRITO, Alexandre dos; BRITO, Flávia dos Santos Barbosa. Desenvolvimento do protótipo do formulário digital para Estudos em Alimentação, Nutrição, Saúde e Envelhecimento: EANSE FORMS. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, e435101422091–e435101422091, 2021.

SILVA, Arlindo; RIBEIRO, Carlos Tavares; DIAS, João; SOUSA, Luís. **Desenho Técnico Moderno**. [S.l.]: Grupo Gen-LTC, 2000.

SWARTELE, Hugo. **Key-user: como facilitar a rotina desse profissional?** Acessado em: 05 de Dezembro de 2024. 2024. Disponível em: <https://www.topdesk.com/pt/blog/key-user-como-facilitar-a-rotina-desse-profissional/#:~:text=O%20key%2Duser%20%C3%A9%20um,de%20TI%20e%20os%20usu%C3%A1rios>.

ANEXO A – Código de programação VBA botão Realizar Importação

```

Private Sub satellite_material_import_Click()
    On Error GoTo ErrorHandler
    Dim strExcelFile As String
    Dim strTable As String
    Dim fd As FileDialog
    Dim result As Integer
    Dim WBS As String
    Dim db As DAO.Database
    Dim rs As DAO.Recordset
    Dim sql As String

    ' Nome da tabela no Access
    strTable = "tb_SAPBOM"

    ' Obter o código WBS da caixa de combinação
    WBS = Me.listagem_WBS.Column(1) ' Supondo que a coluna 1 contém o código WBS
    Debug.Print "Código WBS selecionado: " & WBS ' Adiciona mensagem de depuração

    ' Verificar se o código WBS foi selecionado
    If IsNull(WBS) Or WBS = "" Then
        MsgBox "Por favor, selecione um código WBS.", vbExclamation
        Exit Sub
    End If

    ' Conectar ao banco de dados
    Set db = CurrentDb

    ' Verificar se o código WBS já existe na tabela
    sql = "SELECT * FROM tb_SAPBOM WHERE WBS = " & WBS & ""
    Set rs = db.OpenRecordset(sql)

    If Not rs.EOF Then

```

```

' Código WBS já existe
Dim resposta As Integer

resposta = MsgBox("O código WBS já existe. Deseja atualizar os dados existentes?",
vbYesNo + vbExclamation, "Código WBS Duplicado")

If resposta = vbYes Then
    ' Apagar os dados existentes
    sql = "DELETE FROM tb_SAPBOM WHERE WBS = '" & WBS & "'"
    db.Execute sql, dbFailOnError
Else
    MsgBox "Operação cancelada.", vbInformation, "Cancelado"
    rs.Close
    Set rs = Nothing
    Set db = Nothing
    Exit Sub
End If
End If

rs.Close
Set rs = Nothing

' Cria uma nova caixa de diálogo de arquivo
Set fd = Application.FileDialog(msoFileDialogFilePicker)

' Configurações da caixa de diálogo
With fd
    .Title = "Selecione o arquivo Excel"
    .Filters.Add "Excel Files", "*.xlsx; *.xls", 1
    .AllowMultiSelect = False
    .InitialFileName = "G:\; C:\; H:\"

' Exibe a caixa de diálogo
result = .Show

' Verifica se o usuário selecionou um arquivo

```

```

If result <> 0 Then
    strExcelFile = .SelectedItems(1)

    ' Importa os dados da planilha SAPBOM do Excel para a tabela do Access
    DoCmd.TransferSpreadsheet acImport, acSpreadsheetTypeExcel12Xml, strTable,
strExcelFile, True, "SAPBOM$"

    ' Atualiza a tabela com o código WBS para os novos registros
    Set rs = db.OpenRecordset("SELECT * FROM " & strTable & " WHERE WBS IS NULL
OR WBS = """) ' Selecciona registros sem WBS

    If Not rs.EOF Then
        rs.MoveFirst
        Do While Not rs.EOF
            rs.Edit
            Debug.Print "Atualizando registro ID: " & rs!ID ' Adiciona mensagem de depuração
            rs!WBS = WBS
            Debug.Print "WBS atualizado para: " & WBS ' Adiciona mensagem de depuração
            rs.Update
            rs.MoveNext
        Loop
    Else
        Debug.Print "Nenhum registro encontrado para atualização."
    End If

    rs.Close
    Set rs = Nothing
    Set db = Nothing

    MsgBox "Dados importados com sucesso!"
Else
    MsgBox "Nenhum arquivo selecionado."
End If
End With

```

' Limpa a variável de diálogo de arquivo

Set fd = Nothing

Exit Sub

ErrorHandler:

MsgBox "Ocorreu um erro: " & Err.Description

Debug.Print "Erro: " & Err.Description ' Imprime a descrição do erro na janela de depuração

Set fd = Nothing

End Sub

ANEXO B – Código de programação VBA botão Gerar cubículo selecionado

Private Sub generate_column_Click()

Dim strSQL As String

Dim db As DAO.Database

Dim rsMateriais As DAO.Recordset

Dim filePath As String

Dim fileNum As Integer

Dim codigoWBS As String

Dim cubiculo As String

Dim material As String

Dim qty As String

Dim folderPath As String

' Supondo que Combo_WBS esteja configurado para exibir o código WBS

codigoWBS = Me.Combo_WBS.Column(1)

' Supondo que Combo_column esteja configurado para exibir o cubículo

cubiculo = Me.Combo_column.Column(0)

' Verificar se um cubículo foi selecionado

If IsNull(cubiculo) Or cubiculo = "" Then

MsgBox "Por favor, selecione um cubículo."

Exit Sub

End If

```

' Abrir a caixa de diálogo para selecionar a pasta
folderPath = BrowseForFolder("Selecione a pasta para salvar o arquivo")
If folderPath = "" Then
    MsgBox "Nenhuma pasta selecionada. Operação cancelada."
    Exit Sub
End If

' Definir o caminho do arquivo TXT
filePath = folderPath & "\" & codigoWBS & "_" & cubiculo & ".txt"
fileNum = FreeFile

' Abrir o arquivo para escrita
Open filePath For Output As #fileNum

' Obter materiais e quantidades para o cubículo selecionado
strSQL = "SELECT Material, Qty FROM tb_SAPBOM WHERE WBS=" & codigoWBS &
"" AND cubiculo=" & cubiculo & ""
Set db = CurrentDb
Set rsMateriais = db.OpenRecordset(strSQL)

' Verificar se a consulta retornou registros
If rsMateriais.EOF Then
    MsgBox "Nenhum material encontrado para o cubículo: " & cubiculo
    Close #fileNum
    Exit Sub
End If

' Iterar pelos registros e escrever no arquivo
Do While Not rsMateriais.EOF
    material = rsMateriais!material
    qty = rsMateriais!qty

    ' Escrever no arquivo
    Print #fileNum, codigoWBS & ", " & cubiculo & ", " & material & ", " & qty

```

```

        rsMateriais.MoveNext
    Loop

    ' Fechar o arquivo e o recordset
    Close #fileNum
    rsMateriais.Close
    Set rsMateriais = Nothing
    Set db = Nothing

    ' Mensagem de sucesso
    MsgBox "Arquivo gerado com sucesso: " & filePath
End Sub

```

ANEXO C – Código de programação VBA botão Exportar arquivo para o Creo

```

Private Sub Export_CREO_Click()
    Dim filePath As String
    Dim fileNum As Integer
    Dim linha As String
    Dim campos() As String
    Dim material As String

    ' Abrir a caixa de diálogo para selecionar o arquivo TXT
    filePath = BrowseForFile("Selecione o arquivo TXT")
    If filePath = "" Then
        MsgBox "Nenhum arquivo selecionado. Operação cancelada."
        Exit Sub
    End If

    ' Abrir o arquivo para leitura
    fileNum = FreeFile
    Open filePath For Input As #fileNum

```

```
' Inicializar dicionário de variáveis
Dim variaveis As Object
Set variaveis = CreateObject("Scripting.Dictionary")
Call InicializarVariaveis(variaveis)

' Ler o arquivo linha por linha
Do While Not EOF(fileNum)
    Line Input #fileNum, linha
    campos = Split(linha, ",")
    material = Trim(campos(2)) ' Supondo que o material esteja na terceira coluna

    ' Atualizar variáveis com base no material
    Call AtualizarVariaveis(variaveis, material)
Loop

' Fechar o arquivo
Close #fileNum

' Escrever no arquivo TXT
Call WriteToFile(variaveis)
End Sub
```