

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS**

CAMPUS MANAUS DISTRITO INDUSTRIAL

**CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO**

LIGIANE ALZIE BASQUES

**SIMULAÇÃO DE UM PROCESSO DE AUTOMAÇÃO EM UMA
LINHA DE PRODUÇÃO DE PAPEL HIGIÊNICO.**

MANAUS - AM

2022

LIGIANE ALZIE BASQUES

**SIMULAÇÃO DE UM PROCESSO DE AUTOMAÇÃO EM UMA
LINHA DE PRODUÇÃO DE PAPEL HIGIÊNICO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *campus* Manaus Distrito Industrial, Curso de Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela.

Orientador: Prof. Dr. Ailton Gonçalves Reis

MANAUS - AM

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B297s Basques, Ligiane Alzie.
Simulação de um processo de automação em uma linha de produção de papel higiênico / Ligiane Alzie Basques. — Manaus, 2023.
57f.: il. color.

Monografia (Graduação) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Distrito Industrial, Curso de Engenharia de Controle e Automação, 2023.
Orientador: Prof.º Ailton Gonçalves Reis, Dr.

1. Automação. 2. Processo produtivo. 3. Robôs industriais. I. Reis, Ailton Gonçalves. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 629.89

Elaborada por Oziane Romualdo de Souza (CRB11/ nº 734)

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS**

CAMPUS MANAUS DISTRITO INDUSTRIAL

**CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO**

LIGIANE ALZIE BASQUES

**SIMULAÇÃO DE UM PROCESSO DE AUTOMAÇÃO EM UMA
LINHA DE PRODUÇÃO DE PAPEL HIGIÊNICO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheira de Controle e Automação e aprovado em sua forma final pelo curso.

Manaus, 16 de dezembro de 2022.

Banca Examinadora:


Documento assinado digitalmente
gov.br AILTON GONCALVES REIS
Data: 16/12/2022 20:18:05-0300
Verifique em https://verificador.ifi.br
Prof. Orientador/Presidente: _____

Prof. Dr. Ailton Gonçalves Reis
Orientador

Prof. Avaliador 1: Cristóvão A. F. Castro

Prof. MSc. Cristóvão Américo Ferreira de Castro
Examinador 1

Prof. Avaliador 2: Juan Ramos

Prof. MSc. Juan Gabriel de Albuquerque Ramos
Examinador 2

Fé naquele que nos amou nos ama.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus por eu estar aqui, pela a vida que me deu, por toda a oportunidade que me agraciou. Agradecer a minha família por todo apoio na minha longa jornada no curso de engenharia de controle e automação do IFAM. Mas principalmente ao meu querido pai, que sempre me ensinou a ser uma pessoa honesta e sempre esteve ao meu lado nos momentos bons e ruins. Meu pai querido sempre me ensinou que a educação e o caminho para que nos tornemos bons cidadão para a sociedade. Sou muito grata a ele.

Agradecer também ao meu orientador professor Ailton por toda a orientação e dedicação que me deu durante esse trabalho TCC, pela paciência, e pelo direcionamento em momentos de dúvidas. Sempre esteve pronto a ajudar. Sou muito grata ao professor Ailton o meu muito obrigada.

Agradecer também ao Instituto Federal do Amazonas, campus Manaus distrito industrial por ter me dado a oportunidade de cursar esse curso que me proporcionou e proporciona muitas oportunidades de trabalho, o meu muito obrigada.

“Deus é nosso refúgio e fortaleza”

(Salmo 46:1)

RESUMO

A automação tem grande relevância nos setores de negócios da sociedade, como exemplo: saúde, logística, residencial, internet das coisas e indústria. Com toda essa gama de aplicações, neste TCC foi proposto um projeto de automação com o objetivo investigar como a robotização pode ser utilizada na automação da linha de papel higiênico com a utilização da robótica industrial. Sendo assim a ideia foi melhorar o processo produtivo da fábrica, diminuir os custos, diminuir o tempo de produção e aumentar a produtividade. Contudo deve – se observar o quanto a aplicabilidade desses robôs pode ou não ser eficientes na cadeia produtiva e também na vida do trabalhador dos ambientes fabris. A partir deste estudo, conclui-se que a automatização do processo de produção na entrada de alimentação e saída da linha com a utilização de robôs e com carrinho AGV para transporte de Logs requer mais estudos futuros.

Palavras-Chaves: Automação; AGV; Processo Produtivo; Robôs Industriais.

ABSTRACT

Automation has great protection in the business sectors of society, such as: health, logistics, residential, internet of things and industry. With all this range of applications, in this TCC an automation project was proposed with the objective of investigating how robotization can be used in the automation of the toilet paper line with the use of industrial robotics. Therefore, the idea was to improve the factory's production process, reduce costs, reduce production time and increase productivity. However, it should be noted how the applicability of these robots may or may not be efficient in the production chain and also in the life of workers in factory environments. From this study, it is concluded that the automation of the production process at the inlet and outlet of the line using robots and an AGV trolley to transport logs requires further studies.

Keywords: Automation; AGV; Productive Process; Industrial Robots.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Moinho de Açúcar.....	15
Figura 2: Crianças trabalhando em tear	16
Figura 3: Dínamo.....	17
Figura 4: O Avanço da Robótica.....	20
Figura 5: Internet das coisas	22
Figura 6: Os 3 Vs do Big Data.....	23
Figura 7: Exemplos onde poderíamos utilizar a inteligência artificial.....	24
Figura 8: Braço Robótico.....	24
Figura 9: Jarro sendo produzido na impressora 3D.....	25
Figura 10: Elos e Juntas.....	28
Figura 11: Um sistema de controle tradicional	29
Figura 12: Braço Robótico (Robô Articulado)	35
Figura 13: Carrinho AGV (Veículo Auto Guiado).....	36
Figura 14: Esteira Transportadora.....	37
Figura 15: Armazenamento de LOGS.....	37
Figura 16: Software de Simulação 3D FlexSim	38
Figura 17: Caixa de ferramentas.....	39
Figura 18: Processo de Produção da Linha de Papel Higiênico Parte Frontal	42
Figura 19: Processo de Produção da Linha de Papel Higiênico Vista de Cima.....	43
Figura 20: Processo Automatizado de Produção da Linha de Papel Higiênico Parte Frontal	44
Figura 21 : Processo Automatizado de Produção da Linha de Papel Higiênico Vista de Cima	45
Figura 22: Desempenho dos operários.....	46
Figura 23: Desempenho de processamento das máquinas	47
Figura 24: Taxa de transferência de paletes por minuto.....	47
Figura 25: Desempenho dos robôs	47
Figura 26: Desempenho das máquinas.....	50
Figura 27: Taxa de transferência de paletes por minuto.....	50
Figura 28: Distância percorrida do AGV	51

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – RECURSOS FIXOS	40
---------------------------------	----

ABREVIATURAS E SIGLAS

AGV - Veículo Auto Guiado

LOG - Tubo Enrolado de Papel Higiênico

TCC - Trabalho de Conclusão de Curso

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OS CAMINHOS DA INDUSTRIALIZAÇÃO ATUAL: UM BREVE HISTÓRICO	14
2.1 A PRIMEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	14
2.2 A SEGUNDA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL.....	17
2.3 A TERCEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	19
3. A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	21
3.1 PILARES DA INDÚSTRIA 4.0	22
3.1.1 Internet das coisas	22
3.1.2 Big data	23
3.1.3 Inteligência artificial	23
3.1.4 Robótica na indústria 4.0	24
3.1.5 Fabricação aditiva	25
4. AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E ROBOTIZAÇÃO	26
4.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL	26
4.2 BASES DA ROBOTIZAÇÃO	27
4.2.1 Elementos principais de um manipulador (ou robot industrial)	28
4.2.1.1 Braço e punho	28
4.2.1.2 O controlador.....	28
4.2.1.3 Atuadores	28
4.2.1.4 Sensores	28
4.3 A ROBOTIZAÇÃO INDUSTRIAL.....	39
4.4 APLICAÇÃO DE ROBÔS NAS INDÚSTRIAS	30
4.5 ROBOTIZAÇÃO APLICADA À INDÚSTRIA DE FABRICAÇÃO DE PAPEL HIGIÊNICO.....	31
5. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	33
5.1 METODOLOGIA.....	33
5.1.1 Quanto a natureza do objeto da pesquisa	33
5.1.2 Quanto à natureza da pesquisa	34
5.1.3 Quanto a abordagem da pesquisa	34
5.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	34
5.2.1 Braço robótico (robô articulado)	34

5.2.2 Carrinho AGV (veículo auto guiado)	35
5.2.3 Esteira transportadora industrial	36
5.2.4 Acumulador de logs	37
5.2.5 Software de simulação 3D FlexSim	38
5.2.6 Tutorial FlexSim	39
5.2.6.1 Criando um novo modelo de simulação.....	39
5.2.6.2 Usando a caixa de ferramentas.....	39
5.2.6.3 Visão geral dos objetos da biblioteca.....	40
6. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	42
6.1 PROTÓTIPO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DA LINHA DE PAPEL HIGIÊNICO.....	42
6.2 PROTÓTIPO AUTOMATIZADO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DA LINHA DE PAPEL HIGIÊNICO.....	44
6.3 RESULTADOS.....	46
6.3.1 Gráficos de desempenho da linha de produção sem automação	46
6.3.2 Gráficos de desempenho da linha de produção com automação	48
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS	53
ANEXO A – FLEXSIM LICENÇA STUDENT	57

1. INTRODUÇÃO

Conforme Roggia e Fuertes (2016), a evolução industrial vem ocorrendo desde os tempos mais antigos, em consonância com o próprio desenvolvimento da sociedade.

Nesse contexto, os homens vêm desenvolvendo mecanismos e invenções com o objetivo principal de amenizar os esforços humanos físicos e, também, agilizar a construção dos artefatos necessários para que isso ocorra.

Nessa realidade evolutiva que afeta todos os setores sociais e fabris, a indústria automobilística não poderia ficar à margem, ficando evidente o desenvolvimento industrial por meio da utilização de robôs com alta performance e produtividade.

Segundo Eric e Mirian (2017), os robôs, no âmbito da manufatura são utilizados na parte de soldagem, fundição e pintura dos veículos, além da carga e descarga de prensas e máquinas e ferramentas.

Se comparada com uma linha de produção de uma fábrica de papel higiênico, onde temos exercido nossa vida profissional, pudemos notar que poderíamos utilizar ou pelo menos projetar, algo similar a utilização de robôs no transporte, entrada de alimentação e saída da linha de papel higiênico.

Contudo ao observarmos a problemática na linha de entrada e saída de produção de papel higiênico durante o estágio acadêmico obrigatório, percebemos que nesta linha a produção de papel higiênico eram baixas e sempre faltavam os logues.

Diante do exposto a questão norteadora para este TCC é: “de que forma a automatização no processo de transporte, alimentação e saída na linha de produção de papel higiênico, pode contribuir para maior eficiência e por consequência a não paralização da produção?”

Como hipóteses de possíveis soluções para a problemática, inferimos que a automatização no transporte, entrada e saída da linha de produção pode aumentar a eficiência e evitar as paradas, a partir de um carrinho seguidor de linha e braço robótico na entrada do acumulador de logue (é uma espécie de estoque dos logues onde ficam acumulados e são consumidos conforme a linha de produção entra em operação) e saída do processo.

Nesse contexto, o objetivo geral deste TCC pode ser assim apresentado: investigar como a robotização pode ser utilizada na automação da linha de papel higiênico com a utilização da robótica industrial.

Deste objetivo geral decorrem outros específicos, quais sejam:

- a) buscar e pesquisar artigos científicos;
- b) descrever os problemas observados na entrada e saída da linha de produção e otimizar o transporte de logs;
- c) simular por meio de software FlexSim o protótipo da solução do problema;
- d) analisar os resultados encontrados e;
- e) propor uma solução possível para o problema.

Os referenciais teóricos seguem as ideias dos autores Pirota e Amaral (2018) os quais indicam que a robótica na indústria 4.0 atualmente vêm substituindo a mão de obra humana pelas máquinas em grandes indústrias, aumentando a velocidade, volume e quantidade em seu processo de produção.

A metodologia respeita as características da pesquisa, aplicada pois gera conhecimento para que resultem em ações práticas ou que direcionem a possíveis soluções para o problema. Também é uma pesquisa quali-quantitativa, quali porque pretende-se melhorar a qualidade do processo e da vida fabril do colaborador e quantitativa porque através da observação em campo e análise de resultados pretende-se minimizar os números de paradas não programadas no processo, diminuir o tempo e aumentar a produção.

Os resultados que foram obtidos através de análise de dados mostram que a automatização do processo de produção da linha de entrada de alimentação e saída com a utilização de robôs e com carrinho AGV para transporte de Logs requer mais estudos futuros.

Esperamos que este trabalho será importante, para a academia, pois trará novos conceitos que serão adaptados da indústria automobilista para a indústria produção de papel higiênico.

E para o curso de engenharia de controle e automação, uma nova visão de automação adaptável ao processo de produção para a indústria de papel higiênico, apresentará uma visão de inovação, de automação no processo produtivo.

Por fim, o TCC está formatado em sete capítulos, quais sejam:

O primeiro capítulo o qual esse tópico faz referência é a introdução do trabalho o qual faz uma explanação simplificada do tema do projeto, objetivo geral e específicos.

O segundo, terceiro e quarto capítulos referem-se ao referencial teórico com contextos históricos que serviram de embasamento para elaboração deste projeto.

O quinto capítulo apresenta a metodologia aplicada neste TCC, além de demonstrar os procedimentos metodológicos e materiais utilizados para gerar os resultados, como o software de simulação 3D FlexSim.

O sexto capítulo apresenta a discussão e os resultados obtidos e por fim o sétimo capítulo que se refere a possíveis estudos mais aprofundados e propostas para trabalhos futuros.

2. OS CAMINHOS DA INDUSTRIALIZAÇÃO ATUAL: UM BREVE HISTÓRICO

Neste capítulo será descrito os conceitos fundamentais para a realização deste trabalho de conclusão de curso como por exemplo um breve histórico da 1ª revolução industrial até a indústria 4.0.

2.1 A PRIMEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Para que chegássemos ao nível de industrialização e automação que temos atualmente, se fez necessário as denominadas Revoluções Industriais, as quais para Goggiola (2016) não devem ser entendidas apenas,

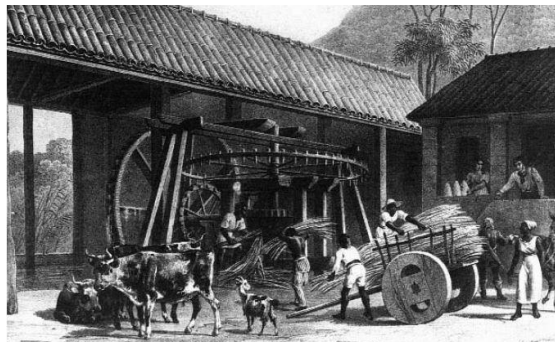
[...] como um conjunto de inovações técnicas, novas máquinas e novos procedimentos de produção, mas como uma alteração estrutural da sociedade, determinada pela substituição da ferramenta pela máquina, em um processo que concluiu na consolidação do capitalismo como modo de produção dominante. (GOGGIOLA, 2016, p.1).

Nesta mesma linha de pensamento, Cavalcanti e Silva (2011, p. 1), entendem que “é pertinente enfatizar que a Revolução Industrial, ocorrida na Inglaterra no século XVIII foi o grande precursor do capitalismo, ou seja, a passagem do capitalismo comercial para o capitalismo industrial”.

Os mesmos autores entendem ainda que, pode ter sido essa combinação das invenções no campo da indústria têxtil e a máquina a vapor, principalmente na indústria de mineração, dos transportes ferroviários e marítimos, que, num período de 100 anos (1770 a 1870), caracterizaram e promoveram a grande Revolução Industrial. (CAVALCANTI; SILVA, 2011)

Para Azevedo (2010) a origem do processo de industrialização começou na segunda metade do século XVIII na Inglaterra com uma série de transformações de cunho econômica, político, social e técnica, que deu origem a chamada Revolução Industrial, como mostrado na Figura 1.

Figura 1: Moinho de Açúcar



Fonte: Azevedo (2010)

Para o mesmo autor esse processo é denominado Primeira Revolução Industrial, a qual vai resultar nos séculos XIX e XX no surgimento da Segunda e Terceira Revolução Industrial, respectivamente.

Azevedo (op. cit.) também chama atenção para o quadro de mudanças sociais radicais decorrentes das denominadas revoluções. Para ele, então,

[...] as transformações de ordem espacial decorrentes da implantação industrial foram enormes. Delas podemos citar como exemplos as próprias mudanças ocorridas na Inglaterra do século XIX, em que a indústria, associada à modernização do campo, gerou a expulsão de milhares de camponeses em direção às cidades, o que gerou a constituição de cidades industriais, que nesse mesmo século ficaram conhecidas como “cidades negras”, em decorrência da poluição atmosférica gerada pelas indústrias. (AZEVEDO, 2010, p. 13).

Ainda para o mesmo autor a indústria começou a avançar no começo do século XIX, pela Europa, como a França, a Bélgica, a Holanda, a Alemanha, a Itália, e de países fora da Europa, como os Estados Unidos da América (EUA), na América, e o Japão, na Ásia. Esses países viriam a ser no século seguinte, as potências que iriam dominar o mundo, em especial, os EUA, que hoje sem sombra de dúvida são a maior potência não apenas econômica, industrial, mas também militar do planeta.

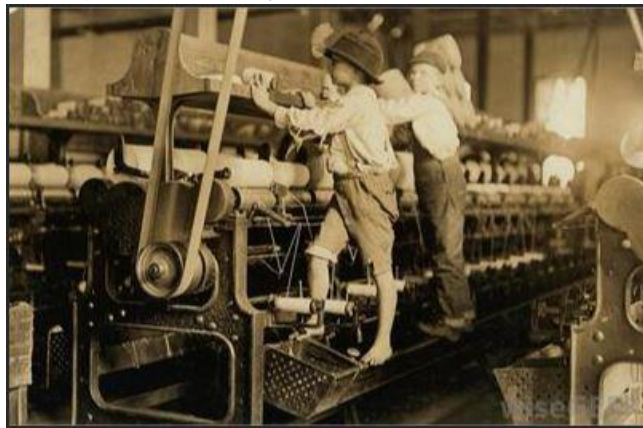
Nesse avanço de conquistar de novos territórios a partir do século XX, de forma particular após a Segunda Guerra Mundial, os países do chamado Terceiro Mundo¹, também passaram por processos de industrialização, como por

¹ “Terceiro Mundo” será utilizado como sinônimo para países em desenvolvimento, ou países do Sul. É importante ressaltar que existe uma enorme complexidade dentro das Relações Internacionais e é extremamente difícil agrupar os chamados países do Sul do mundo dentro de uma única categoria. (BRUGGER, 2017, p. 6).

exemplo, o Brasil. Por isso, nesses países, foi muito marcante a presença do Estado nacional na industrialização e também das empresas multinacionais (empresas estrangeiras), as quais influenciaram diretamente esse processo e permitiram que alguns desses países se tornassem potências industriais na contemporaneidade. (AZEVEDO, 2010)

Lopes, Garcia e Assunção (1995), apresentam que não foi por acaso que a Primeira Revolução Industrial teve seu início na Grã-Bretanha. Os autores indicam que esse país possuía certa forma de manufatura oriundos da criação de ovelhas e da indústria têxtil (ver Figura 2). Além disso, a Grã-Bretanha possuía capital para investir, uma burguesia forte e terras distribuídas.

Figura 2: Crianças trabalhando em tear



Fonte: Colégio web (2016)

Para os mesmos autores, nenhum outro país com dadas proporções seria capaz de se igualar aquele país, pois Grã-Bretanha era a referência mundial em oficinas mecânicas e único país importador e exportador em grande escala. (LOPES; GARCIA; ASSUNÇÃO, 1995).

Por este motivo, os mesmos autores entendem também que:

[...] é normal existirem diferentes tipos de pensamentos relacionados a corrida industrial, alguns se perguntam como a nação pioneira da revolução pode ter sido ultrapassada por países que só depois se industrializaram e outros contudo tentam olhar por outra perspectiva, existindo ainda aqueles que simplesmente se orgulham de terem sido os pioneiros de todo o mundo. (LOPES; GARCIA; ASSUNÇÃO, 1995, p.23).

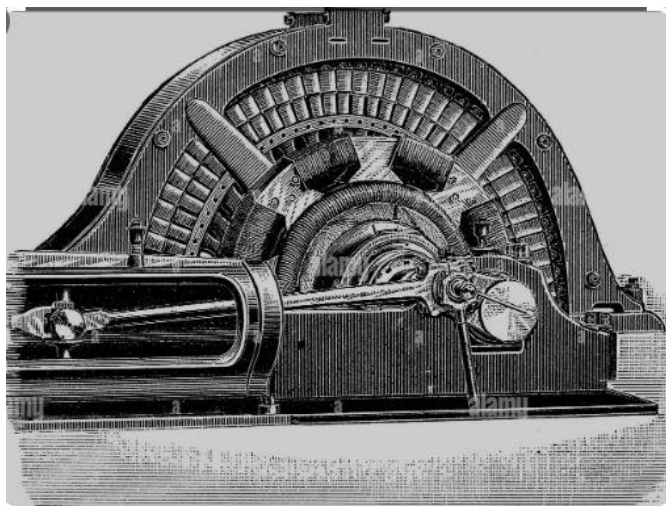
2.2. SEGUNDA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Em se tratando da Segunda Revolução Industrial Dathein (2003, p. 1), entende que este período possui várias características que a tornam diferente da Primeira. Uma delas foi o papel assumido pela ciência e pelos laboratórios de pesquisa, com respectivos desenvolvimentos aplicados à indústria elétrica e química, por exemplo.

Seguindo este mesmo histórico dos avanços industriais Chiavenato (2009), indica que a Segunda Revolução Industrial que ocorreu entre 1860 e 1914, espalhando-se rapidamente pela Europa, América e Ásia, pode ser caracterizada como a revolução do aço e da eletricidade.”

Neste sentido, segundo o mesmo autor, podemos apontar três eventos que culminaram com este período revolucionário: o desenvolvimento de um novo processo de fabricação de aço, o aperfeiçoamento do dínamo² (ver Figura 3), e a invenção do motor de combustão interna por Daimler em 1873. (CHIAVENATO, 2009).

Figura 3: Dínamo



Fonte: Alamyimagens (2022)

Para Silva e Gasparin (2005), foi na Segunda Revolução Industrial que surgiu a eletricidade, a transformação do ferro em aço, os desenvolvimentos das comunicações, dos transportes e da indústria química.

² O dínamo age por meio da indução magnética, convertendo energia mecânica em energia elétrica. (LOPES, 2014, p.40).

Neste contexto, segundo Chiavenato (2009), ocorreram o crescimento de fábricas e indústrias, a substituição do trabalho da força humana e animal por máquinas a vapor, e posteriormente pelo motor acarretando um volume maior de produção e economia.

Para o mesmo autor, ocorreu também uma transferência de habilidades do artesão para as máquinas que produzem com maior rapidez, velocidade, qualidade e em grandes quantidades. Neste novo quadro fabril surgiu a figura do operário que não era mais um simples artesão e, como consequência imediata dessa nova forma de fabricar objetos em série, foi necessário aumentar o desempenho dos operários, por isso as fábricas subdividiram a produção em várias operações, e cada trabalhador passa a executar uma única parte e sempre na mesma maneira em uma linha de montagem. (CHAVIENATO, 2009).

Por esta razão o autor conclui que “[...] o trabalhador passa a fazer apenas parte dela, limitando seu domínio técnico sobre o próprio trabalho”. Além disso, como consequência, surge também, “[...] a organização baseada na divisão do trabalho e na especialização do trabalhador. Isso exige controle do desempenho, o que faz surgir à hierarquização dentro das fábricas”. (CHAVIENATO, 2009, p.72).

Para Lopes, Garcia (1995) outra consequência deste período foi que o,

[...] uso do petróleo na forma de combustível se deu com o aperfeiçoamento do motor a combustão interna³, os primeiros países a utilizar esta tecnologia foram Estados Unidos e Alemanha a partir do ano 1886, mas foi em 1892 que Rudolf Diesel engenheiro alemão criou um motor que funcionava a óleo cru que posteriormente acabou facilitando a construção dos primeiros automóveis. (LOPES; GARCIA; ASSUNÇÃO, 1995, p.24).

Ainda para os mesmos autores, já seria de se esperar que em uma situação como está a demanda do uso do petróleo iria aumentar e trazer ainda uma consequência positiva na indústria química. (LOPES; GARCIA; ASSUNÇÃO, 1995).

³ São considerados como máquinas térmicas nas quais para o processo de combustão o fluido de trabalho é convertido em energia mecânica. Os produtos resultantes da combustão, inseridos na mistura de ar/combustível, são confinados internamente em uma câmara de combustão. (TILLMANN, 2013, p.47).

2.3 A TERCEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Para Lopes, Garcia e Assunção (1995) na Terceira Revolução Industrial aconteceu às mudanças importantes na indústria, com o surgimento da robótica e conseqüentemente o desenvolvimento da eletrônica. Tais ocorrências podem ser indicadas como facilitadoras para o surgimento da informatização e a globalização que passaram a integrar o contexto mundial.

Os mesmos autores chamam atenção para o fato que,

[...] a Terceira Revolução Industrial pode invocar em nosso imaginário uma paisagem arrojada e futurista: robôs, máquinas de comando numérico, manufaturas e desenhos ajudados por computador, programas de controle de qualidade, ISO 9000 e reengenharia⁴. (SILVA; SILVA; GOMES, 2002, p.4).

Por isso, eles caracterizam esse período como um,

[...] fetiche tecnológico, [...] um processo econômico, político e cultural em curso, de grande dinamismo e alta complexidade e está acontecendo em escala planetária e em ritmo intenso, exigindo a inserção de todos. (SILVA; SILVA; GOMES, 2002, p.4).

De acordo com Paulo (2018) todo esse dinamismo entre a década de 1970 a 1980 foi o período que descreveu a interação da eletroeletrônica, com a eletrônica digital aprimorando novas mercadorias e novos surgimentos por meio dessa nova tecnologia. Sendo assim, após o esgotamento do paradigma industrial – baseado em sua maior parte pela eletromecânica – surge um modelo produtivo que tem como característica a utilização de um complexo eletrônico diretamente ligado na produção.

O mesmo autor entende que:

[...] Isso se deu através da automação flexível que consiste na aplicação de técnicas e utilização de softwares e/ou equipamentos específicos em uma determinada máquina ou processo industrial com o objetivo de aumentar a sua eficiência, além da integração via telemática – que por meio de avançados sistemas de comunicação em tempo real – permite a operação de uma série de máquinas e equipamentos através de um único dispositivo, normalmente um computador. (PAULO, 2018, p.56).

⁴ A Reengenharia pode ser entendida como algo cíclico, que se repete de tempos em tempos na história do homem. (ABREU, 1994, p.50).

Consoante a Silva, Silva e Gomes (1995) com avanços da microeletrônica e da incorporação da informática aos processos de produção para garantir produtos de melhor qualidade e maior competitividade no mercado, foi surgindo a robotização na indústria.

Foi Nesta época que:

[...] se iniciou uma das mais profundas mudanças na indústria, a robótica conforme figura 4 começa dando seus passos firmes, a eletrônica sendo aperfeiçoada é vista como a verdadeira modernização da indústria, a informatização e a globalização passam a fazer parte do contexto industrial, na verdade passa a ser a espinha dorsal da indústria. (LOPES; GARCIA; ASSUNÇÃO, 1995, p.24).

Figura 4: O Avanço da Robótica



Fonte: Pena (2009)

Lopes, Garcia e Assunção (1995), também chamam atenção para o fato que os países pioneiros da Terceira Revolução são praticamente os mesmos da Segunda, mas mesmo assim, surgiram algumas novidades, como por exemplo, o Canadá.

Ainda para os mesmos autores, a Terceira Revolução Industrial foi importante para o desenvolvimento nas indústrias que utilizaram essas tecnologias de ponta no ambiente fabril. Mas também ocorreu uma transformação na pesquisa, na qual foi investido tempo e recursos para que houvesse uma melhora nos produtos. Decorre daí, um *boom* no mercado de produção de computadores, robótica, chips, softwares, circuitos eletrônicos,

transistores, microeletrônica, telecomunicações e a informática de forma geral. (LOPES; GARCIA; ASSUNÇÃO, 1995).

3. A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Neste capítulo será introduzido alguns conceitos e pilares da quarta revolução industrial ou indústria 4.0 que atualmente vem sendo difundida não somente na indústria, mas também em diversos setores como por exemplo, na automação residencial, na medicina, na logística, no setor de vestuário e acessórios entre outros.

De acordo com Schwab (2016) citado por, *apud* Lopes, Garcia e Assunção (1995) a Quarta Revolução Industrial ou também conhecida como Indústria 4.0 é, na verdade, um conceito criado pelo alemão Klaus Schwab, fundador e criador do fórum econômico mundial, que teve início no ano 2011 quando o governo alemão introduziu a revolução 4.0.

Para os mesmos autores nesse período ocorreram a combinação de tendências tecnológicas que ficou conhecido como inteligência artificial, isto é, a fusão dessas tecnologias e a interação com as dimensões física, digital e biológica que torna essa revolução atual diferente das outras. (LOPES, GARCIA; ASSUNÇÃO, 1995).

Para Atamanczuk (2019), a indústria 4.0 é pautada na Era da Informação. Sendo assim, a evolução tecnológica aliada à necessidade de eficiência e a possibilidade de coleta e análise de dados em grandes quantidades têm impactado a forma de condução da gestão das empresas e o modo de produção.

Tal impacto na Indústria 4.0 ultrapassa a simples digitalização, uma vez que representa,

[...] uma forma muito mais complexa de inovação baseada na combinação de múltiplas tecnologias, que forçará as empresas a repensar a forma como gerem os seus negócios e processos, como se posicionam na cadeia de valor, com pensam no desenvolvimento de novos produtos e os introduzem no mercado, ajustando as ações de marketing e de distribuição. (COELHO, 2016, p.15).

De acordo com Schwab (2016) a Quarta Revolução tem quatro fatores que impactam diretamente os negócios das indústrias: as expectativas dos clientes que estão constantemente mudando; os produtos sendo melhorados

pelos dados, o que melhora a produtividade dos ativos; a formação de novas parcerias conforme as empresas aprendem a importância de novas formas de colaboração e os modelos operacionais que estão sendo transformados em novos modelos digitais.

3.1 PILARES DA INDÚSTRIA 4.0

Todas as inovações e tecnologias têm uma característica em comum: seus pilares. Logo, com a Indústria 4.0 não seria diferente, como mostraremos os pilares que norteiam essa nova Revolução.

3.1.1 Internet das Coisas

Segundo Pirola e Amaral (2018) com o avanço da tecnologia atual, as pessoas tendem a querer uma qualidade de vida muito melhor e, para isso, se faz o uso da Internet das coisas. Diversos equipamentos interligados através de sensores, atuadores, chips e softwares⁵ com a utilização da internet com monitoramento em tempo real. (Ver figura 5)

Figura 5: Internet das coisas



Fonte: Pacmanhamuerto (2022)

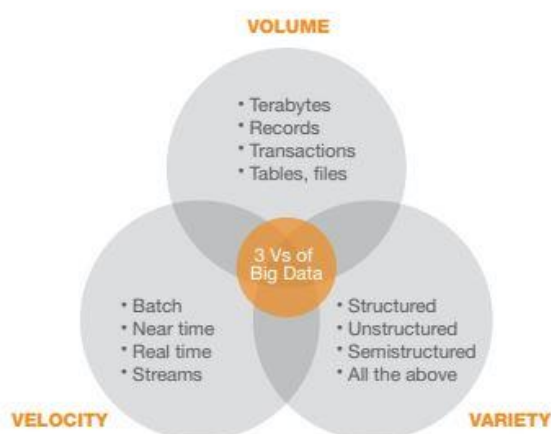
⁵ De maneira simples, um software pode ser entendido como qualquer programa de computador capaz de comandar o funcionamento de um sistema com base em computador, executando tarefas específicas. (AMORIN,2014, p.3)

3.1.2 Big Data

Para Russon (2011) algumas definições de *Big Data* se referem ao grande volume de informações. Mas tem outros aspectos que são mais relevantes que o anterior: a variedade e velocidade das informações.

Segundo o mesmo autor temos os chamados 3 Vs do *Big Data*: volume, velocidade e variedade conforme mostrados na figura 6.

Figura 6: Os 3 Vs do Big Data



Fonte: Russon (2011)

3.1.3 Inteligência Artificial

Segundo Rouhiainen (2018), pode ser conceituada como a capacidade dos computadores realizarem atividades que os humanos fazem de uma forma racional, como por exemplo: tomar decisões; fazer comparativos; fazer questionamentos, além de outros comportamentos que normalmente os seres humanos têm. Esses comportamentos são aprendidos de forma automática através de algoritmos⁶ que seriam treinados, como mostra a figura 7.

⁶ É uma sequência de passos que visam atingir um objetivo bem definido. (MATHIAS, 2017, p.13)

Figura 7: Exemplos onde poderíamos utilizar a inteligência artificial



Fonte: Rouhiainen (2018)

3.1.4 Robótica na Indústria 4.0

Pirola e Amaral (2018) indicam que atualmente grandes indústrias vêm substituindo a mão de obra humana pelas máquinas, aumentando a velocidade, volume e quantidade em seu processo de produção.

Para os mesmos autores, a robótica pode ser entendida como o processo que utiliza robôs (ver Figura 8), que nada mais são que máquinas programadas para realizar atividades de forma repetitiva.

Figura 8: Braço Robótico



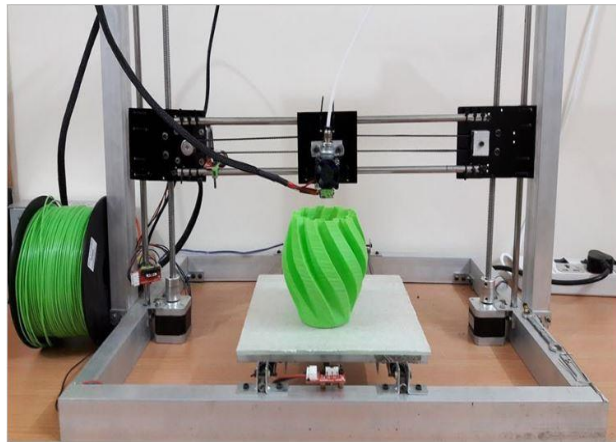
Fonte: Proeelevo (2022)

3.1.5 Fabricação Aditiva

De acordo com Assis (2018) o mercado atualmente tem uma alta demanda por produtos ou por protótipos, que requer uma produção rápida e com custo mais baixo se comparado com as técnicas convencionais que levam muito mais tempo para ficarem prontos, pois precisam de maquinários de grande porte.

Segundo o mesmo autor, contra aquela forma de construir protótipos, surgiu a impressão 3D vê figura 9, nome comercial para fabricação aditiva em oposição ao que alguns chamam as técnicas convencionais de subtrativa, como afirmado.

Figura 9: Jarro sendo produzido na impressora 3D



Fonte: melhorde10 (2022)

4. AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E ROBOTIZAÇÃO

Neste Capítulo será introduzido o conceito de automação industrial e robotização, que são duas tecnologias intimamente relacionadas, com o intuito de responder ao seguinte questionamento: automação industrial e robotização pode ser consideradas conceitos sinônimos?

4.1 A AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Para Roggia e Fuentes (2016) desde a pré-história o homem vem desenvolvendo mecanismos e invenções com o intuito de reduzir o esforço físico e auxiliar na realização de atividades. Como exemplo, podemos citar a roda para movimentação de cargas e os moinhos movidos por vento ou força animal.

Ainda Roggia e Fuentes (op. cit.) entendem que a automação industrial é uma das áreas que mais avançou nas últimas décadas e continua avançando atualmente em grande escala. Novas tecnologias surgem todos os anos, enquanto que outras são aprimoradas, aumentando cada vez mais a quantidade de possibilidades para implementação de recursos na automatização de processos, que estão presentes em processos residenciais, comerciais e industriais.

Para Ribeiro (1999) pode ser conceituada como a,

[...] a operação de máquina ou de sistema automaticamente ou por controle remoto, com a mínima interferência do operador humano. Automação é o controle de processos automáticos. Automático significa ter um mecanismo de atuação própria, que faça uma ação requerida em tempo determinado ou em resposta a certas condições. (RIBEIRO, 1999, p.14).

Para Silevira e Lima (2003) as indústrias de grande porte atuais não sobreviveriam sem a automação industrial, pois a demanda do mercado mundial que a cada dia vem crescendo, necessita de quantidade e qualidade de produto e se faz necessário que as indústrias adotem no seu processo de produção a automação industrial, para garantir que produzam mais rápido e em grande quantidade.

Para os mesmos autores, diversos fatores devem ser levados em conta antes de automatizar um processo industrial:

Se o produto manufaturado é novo ou já existente, as condições ambientais que irão afetar seu sistema (temperatura, ruídos, vibrações, etc.), quantos dispositivos analógicos e discretos a aplicação terá, etc. (SILEVIRA, LIMA, 2003, p. 1).

4.2 BASES DA ROBOTIZAÇÃO

Santos (2004) define a robótica como dispositivos eletromecânicos pré-programáveis para a execução de uma variedade de funções.

Em um conceito mais completo e mais recente, Ottoni (2010) entende que a robótica é um ramo da tecnologia que engloba mecânica, eletrônica e computação, que atualmente trata de sistemas compostos por máquinas e partes mecânicas automáticas, controladas por circuitos integrados, tornando sistemas mecânicos motorizados, controlados manualmente ou automaticamente por circuitos elétricos.

Em se tratando de robôs, Santos (2004) indica que o termo *Robot* pode ser caracterizado como um braço mecânico, ou seja, um manipulador que executa diversas tarefas diferentes e repetitivas, o qual tem a capacidade de mover objetos de um lugar para o outro de forma rápida e eficiente.

De acordo com mesmo autor, podemos classificar os *Robots* em gerações:

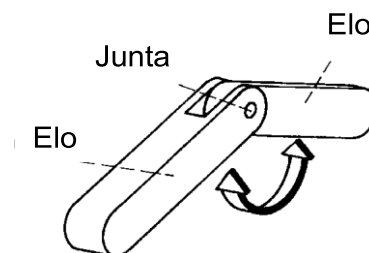
- 1ª *Robots* executores (*playback*) - repetem uma sequência de instruções pré-gravada como a pintura ou soldadura;
 - 2ª-*Robots* tomam decisões com base nos sensores;
 - 3ª-*Robots* controlados por visão imagem que é processada;
 - 4ª-*Robots* com controlo adaptativo o *robot* pode reprogramar as suas ações com base nos seus sensores e,
 - 5ª *Robots* com inteligência artificial - usa técnicas de inteligência artificial para tomar as suas decisões e até resolver problemas.
- (SANTOS, 2004)

4.2.1 Elementos Principais de um Manipulador (ou *robot* Industrial)

4.2.1.1 Braço e punho

De acordo com Santos (2004) O braço é a parte do manipulador que está normalmente associada ao posicionamento (x, y, z) no espaço físico cartesiano, ou operacional. O punho afeta essencialmente a orientação (Θ, ϕ, ψ) da garra, pinça ou outros *end-effector* de acordo com a figura 10 abaixo.

Figura 10: Elos e Juntas



Fonte: Robótica Industrial (2004)

4.2.1.2 O controlador

Unidade capaz de gerar informação de ativação de um ou mais atuadores com base num algoritmo de controlo. Esse algoritmo pode levar em linha de conta o comando desejado, o estado corrente do atuador. (SANTOS,2004).

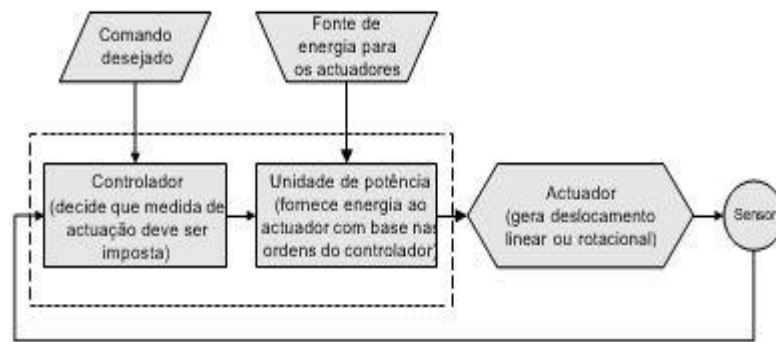
4.2.1.3 Atuadores

Dispositivos que geram e impõem movimento em qualquer parte mecânica pelo desenvolvimento de forças e binários baseada num princípio físico de conversão de energia. Podem ser, por exemplo, motores eléctricos, cilindros hidráulicos, ou pneumáticos, eletro-imagens, etc. (id. ibid.).

4.2.1.4 Sensores

Elementos destinados à medição do estado interno do manipulador bem como à percepção do ambiente exterior. Principais tipos de sensores usados num manipulador: codificadores, fins-de-curso, sensores de força, detectores de proximidade capacitivos e indutivos, etc. Fazem a percepção de acordo com a figura 11 abaixo. (SANTOS,2004).

Figura 11: Um sistema de controle tradicional



Fonte: Robótica Industrial (2004)

4.3 A ROBOTIZAÇÃO INDUSTRIAL

Para Abreu (2002) os robôs foram sendo aplicados no meio industrial por vários motivos: as primeiras aplicações foram utilizadas para operações de descarga de peças metálicas acabadas de vazar⁷; depois devido à preocupação com as más condições do ambiente de trabalho para os operários (presença de fumos e calor intenso), em seguida devido a relativa simplicidade da operação e necessidade de flexibilidade.

Segundo Ottoni (2010) as máquinas possuem “vida”, mas ao mesmo tempo são imitações da vida. Por isso, o homem construiu as máquinas para que possam realizar tarefas repetitivas e também perigosas, com o intuito de dar mais segurança ao labor humano.

O termo eslavo robota que significa trabalhos forçados ou escravos, e teve a sua divulgação numa peça de 1921 de Karel Capek. (SANTOS,2004, p.8)

A ideia de se construir robôs começou a tomar forma no início do século XX com a necessidade de aumentar a produtividade e melhorar a qualidade dos produtos. Remonta desta época, então, o início da aplicação do robô no meio industrial, cujo título de mentor foi dado a George Devol, conhecido como o pai da robótica industrial foi George Devol (OTTONI,2010).

⁷ O processo de vazamento consiste no enchimento dos moldes pré-fabricados com o material líquido retirado do forno.

A partir daí, o mesmo autor, chama atenção para o fato que o robô industrial foi sendo aplicado em todos os campos laborais e não apenas àqueles ligados ao meio industrial, impactando positivamente o labor humano:

Em diversos ramos a robótica que gera impacto social positivo. Quando um robô é na realidade uma ferramenta para preservar o ser humano, como robôs bombeiros (em português), submarinos, cirurgiões, entre outros tipos. O robô pode auxiliar a reintegrar algum profissional que teve parte de suas capacidades motoras reduzidas devido a doença ou acidente e, a partir utilização da ferramenta robótica ser reintegrado ao mercado. Além disto, estas ferramentas permitem que seja preservada a vida do operador. (OTTONI,2010, p. 2)

4.4 APLICAÇÃO DE ROBÔS NAS INDÚSTRIAS

Para Bastos (2000) Os benefícios práticos de utilizar robôs em uma indústria são numerosos e vão desde o aumento da produtividade, a melhoria e a consistência na qualidade final do produto a menor demanda de contratação de mão de obra especializada, que é difícil de encontrar.

Ainda para Bastos (2000) entendia que na prática a utilização de robôs nas indústrias requer solução que seja confiável e robusta que desempenhe de forma consistente as funções predeterminadas.

Pode -se concluir que o advento das aplicações dos robôs industriais venho garantir também ao ser humano uma qualidade de vida no trabalho muito melhor, pois esses robôs são utilizados também em locais muito insalubres para o homem.

4.5 ROBOTIZAÇÃO APLICADA À INDÚSTRIA DE FABRICAÇÃO DE PAPEL HIGIÊNICO.

Para Kali e Deshmukh (2021), o tamanho do mercado global de papel higiênico foi avaliado em US\$ 26,0 bilhões em 2020 e deve chegar a US\$ 39,5 bilhões em 2028, com um CAGR de 5,2% durante o período de previsão.

Para os mesmos autores, espera-se que o mercado exiba uma oportunidade de receita incremental de US\$ 13,4 bilhões de 2020 a 2028. O papel higiênico, também conhecido como rolo de papel higiênico, é um tipo de papel higiênico e é considerado um item essencial entre os papéis sanitários.

A produção da indústria de papel higiênico utiliza a madeira como matéria-prima, da qual são extraídas fibras de celulose que, depois de diversos processos químicos, são convertidas e transformadas em papel. (PRIMULAPAPEIS, 1998)

Quase todos os tipos de papéis, segundo (PRIMULAPAPEIS,1998) inclusive o papel higiênico, são produzidos dessa forma.

No processo realizado pela indústria de papel higiênico, as folhas de papéis se formam por conta de uma mistura de tipos de fibras, de forma que o equilíbrio entre elas define a qualidade do papel. As fibras mais curtas garantem maior maciez, enquanto as fibras longas garantem que o papel não rasgue com muita facilidade. (PRIMULAPAPEIS,1998)

O processo de produção do papel higiênico é complexo, além de termos a mistura de vários tipos de fibras para formar o papel em si, o processo de fabricação dos rolos de papéis torna o processo ainda mais complexo.

Papéis para fins sanitários (ou papéis *tissue*) é o nome genérico dado a uma categoria de produtos que, de acordo com a segmentação da Associação Brasileira de Celulose e Papel (Bracelpa), engloba os seguintes papéis: a) Higiênico Popular; b) Folha Simples de Boa Qualidade; c) Folha Simples de Alta Qualidade; d) Higiênico Folha Dupla; e) Toalha de Cozinha; f) Toalha de Mão; g) Guardanapo; h) Lenço; e i) Lenço Hospitalar. (VITAL, 2008, p.235)

De acordo com Vital (op. cit.) são assim denominados de *tissue* devido as suas propriedades físicas que lembram um tecido. Para o autor existem várias categorias de papéis sanitários dentre os quais teremos o papel higiênico.

Conforme Vital (2008) existem várias marcas de papéis higiênicos no mercado, temos folha simples ou duplas, além de outras variantes como: com ou sem coloração, com ou sem perfume, papéis específicos para o público infantil e papéis com impressões.

O papel higiênico tornou-se uma necessidade de higiene do banheiro na maioria dos países desenvolvidos conforme o mesmo autor.

A pandemia COVID-19 ⁸ impactou positivamente o mercado de papel higiênico em termos de vendas e demanda. O aumento da necessidade de papel higiênico foi observado no mercado na fase inicial do bloqueio. O papel higiênico é uma mercadoria essencial nos países desenvolvidos e o bloqueio resultou em um efeito de bola de neve de pânico na compra entre os clientes. (Kali e Deshmukh, 2021, pg.283)

Conforme podemos observar, a pandemia COVID-19 teve um impacto significativo na indústria de papel higiênico, a população ficou mais tempo em casa e conseqüentemente ocorreu o aumento de consumo de papel higiênico.

⁸ O SARS-CoV-2 é um betacoronavírus descoberto em amostras de lavado broncoalveolar obtidas de pacientes com pneumonia de causa desconhecida na cidade de Wuhan, província de Hubei, China, em dezembro de 2019. Pertence ao subgênero Sarbecovírus da família Coronaviridae e é o sétimo coronavírus conhecido a infectar seres humanos.

5. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo tem como objetivo demonstrar e descrever os métodos e os procedimentos que foram realizados para resolver a problemática o qual é o tema deste TCC.

5.1 METODOLOGIA

A metodologia de acordo com Prodanov e Freitas (2013) é a aplicação de procedimentos e técnicas que devem ser observados para construção do conhecimento, com o propósito de comprovar sua validade e utilidade nos diversos âmbitos da sociedade.

Ainda para os mesmos autores a metodologia, em um nível aplicado, examina, descreve e avalia métodos e técnicas de pesquisa que possibilitam a coleta e o processamento de informações, visando ao encaminhamento e à resolução de problemas e/ou questões de investigação.

5.1.1 Quanto a natureza do objeto da pesquisa

É uma pesquisa exploratória, de acordo com Azevedo e Ensslin (2020) têm por objetivo explorar um tema, conceito ou algo sobre o que a comunidade acadêmica ainda não possui um conhecimento completo.

Para o desenvolvimento desse TCC foi proposto a robotização de uma linha de produção de papel higiênico, com braços e carrinhos robóticos, os braços robóticos até então ainda não foram utilizados diretamente na linha de produção de papel higiênico.

Portanto, tem sua explicação ao fato de que ainda não ouve uma discussão de qual a importância de introduzir braços robóticos diretamente na linha de produção de uma fábrica de papel higiênico como se faz com a indústria automobilística.

5.1.2 Quanto à natureza da pesquisa

É uma pesquisa aplicada de acordo com Azevedo e Ensslin (2020) pois a pesquisa aplicada tem como meta a geração de conhecimentos que resultem em aplicações imediatas e práticas ou que sejam dirigidos à solução de problemas específicos. Que no referido TCC pretende-se resolver uma problemática que foi identificada na entrada da linha de produção de papel higiênico e também na saída.

5.1.3 Quanto a abordagem da pesquisa

Ainda para Azevedo e Ensslin (2020) a pesquisa é quali-quantitativa. Quando a pesquisa envolve os dois tipos de abordagem, ou seja, trabalha com valores quantitativos e valores qualitativos.

5.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para desenvolver simulação de um processo de automação em uma linha de produção de papel higiênico será necessário utilizar alguns materiais: Notebook Samsung book X50 com placa de vídeo 2G, processador intel core i7 e memória RAM de 8GB que será utilizado na simulação 3D do processo e licença do software simulador 3D Flexsim.

Este TCC focará em três setores sensíveis do processo de automação da linha de produção de papel higiênico: o transporte dos LOGS, a entrada de alimentação da linha e a saída do processo.

O carrinho AGV percorrerá transportando os LOGS até a entrada da alimentação da linha, o braço robótico 1 colocara na esteira os mesmos onde acontecerá todo o processo dos LOGS e o braço robótico 2 descarregara o produto acabado nos paletes.

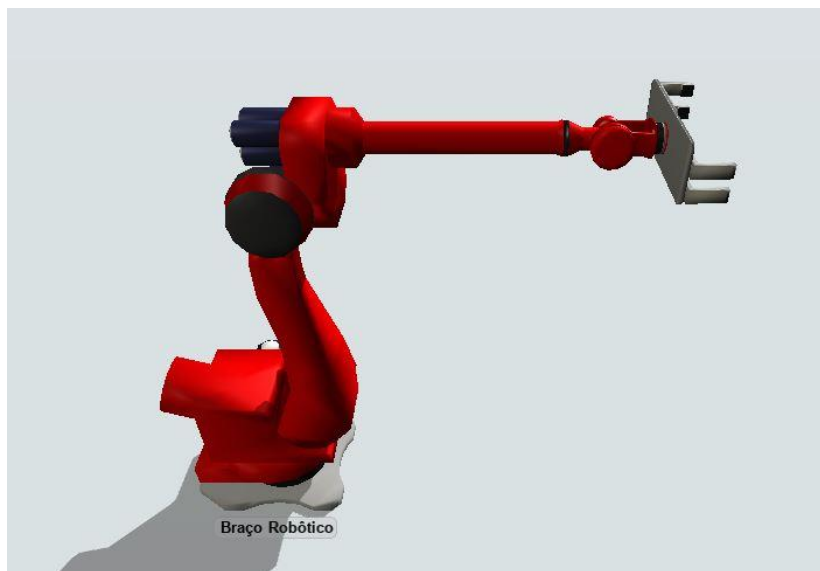
5.2.1 Braço Robótico (Robô articulado)

Segundo Citisystems Automação Industrial (2022) os robôs articulados de acordo com a figura 12 abaixo são mais aplicados na indústria eles se assemelham ao braço humano, devido as suas articulações e movimentos. O

braço é conectado à base com uma junta de torção que possibilita o giro do robô. O número de juntas rotativas que conectam os elos do braço pode variar de duas juntas a dez juntas e cada articulação fornece um grau adicional de liberdade⁹.

Para o mesmo autor, essas juntas são chamadas de eixos, e frequentemente ouvimos falar em robô de 4 eixos, robô de 6 eixos referindo-se ao número de juntas. Mas dentro dos tipos de robôs articulados, o robô de 6 graus de liberdade é o mais utilizado na indústria, pois seu design oferece máxima flexibilidade se comparado com os de menores eixos.

Figura 12: Braço Robótico (Robô Articulado)



Fonte: Própria autora (2022)

5.2.2 Carrinho AGV (Veículo Auto Guiado)

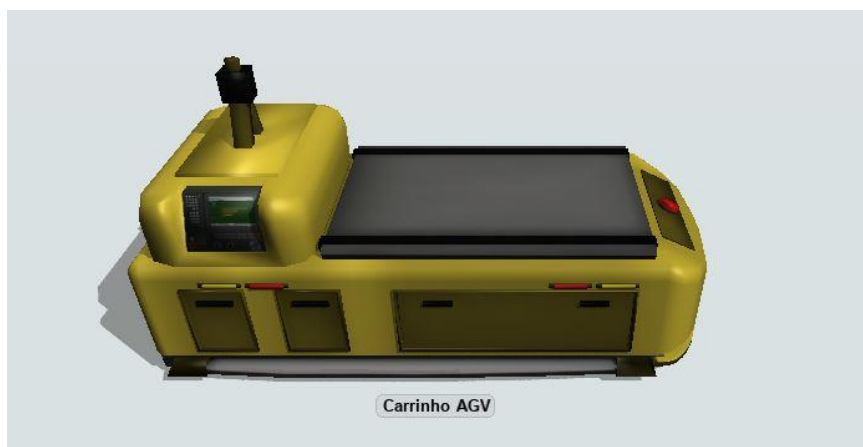
De acordo com Silva, Barbosa e Brito (2017) o termo AGV vem do inglês que significa veículo auto guiado de acordo com a figura 13 abaixo. É movido a motores elétricos, ele é capaz de atingir localizações específicas dentro do ambiente de maneira autônoma, sem precisar de auxílio humano.

Segundo os mesmos autores os primeiros AGVs datam de 1953 e eram pequenas unidades de tração modificadas, projetadas para seguir um cabo

⁹ Na mecânica, o termo Graus de Liberdade (GDL) se refere ao conjunto de deslocamentos e rotações que um corpo ou sistema pode executar, por exemplo, o braço humano, sem contar os dedos da mão, possui 7 graus de liberdade, e isso é bem mais do que a maioria dos braços robóticos possui ou é capaz de possuir.

elétrico instalado na parte superior de um armazém de frutas e verduras, e servia para deslocar mercadorias dentro do estoque. Atualmente este tipo de veículo tornou-se uma escolha popular entre empresas, pois por se tratar de um sistema automatizado, é possível realizar o transporte de cargas e objetos de maneira eficiente, evitando possíveis falhas humanas e viabilizando um sistema que pode funcionar além das horas de trabalho que um ser humano pode realizar.

Figura 13: Carrinho AGV (Veículo Auto Guiado)



Fonte: Própria autora (2022)

5.2.3 Esteira transportadora Industrial

De acordo com Neves, Oliveira, Luna, Simão, Casati e Aguiar (2018) as esteiras transportadoras industriais, segundo a figura 14 abaixo são bastante utilizadas na indústria para transportar objetos de um lugar para outro ou para auxiliar no transporte. Tais sistemas podem utilizar motores para o transporte ou simplesmente a gravidade para se movimentar.

Segundo os mesmos autores as esteiras transportadoras são eficazes nas linhas de produção onde operadores ou sistemas auxiliares atuam sobre os objetos que estão passando, realizando ações para concluir a confecção dos mesmos.

Figura 14: Esteira Transportadora

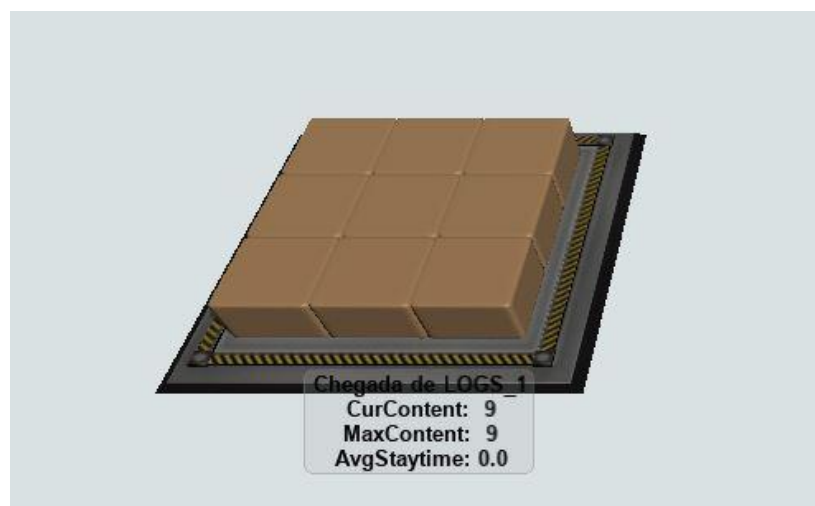


Fonte: Própria autora (2022)

5.2.4 Acumulador de LOGS

É o local onde fica armazenado vê figura 15 abaixo temporariamente os LOGS¹⁰ que vem sendo transportados pelo carrinho AVG.

Figura 15: Armazenamento de LOGS



Fonte: Própria autora (2022)

¹⁰ Os Logs são as matérias primas de papel que serão processados e se transformarão em produto acabado (Papel Higiênico)

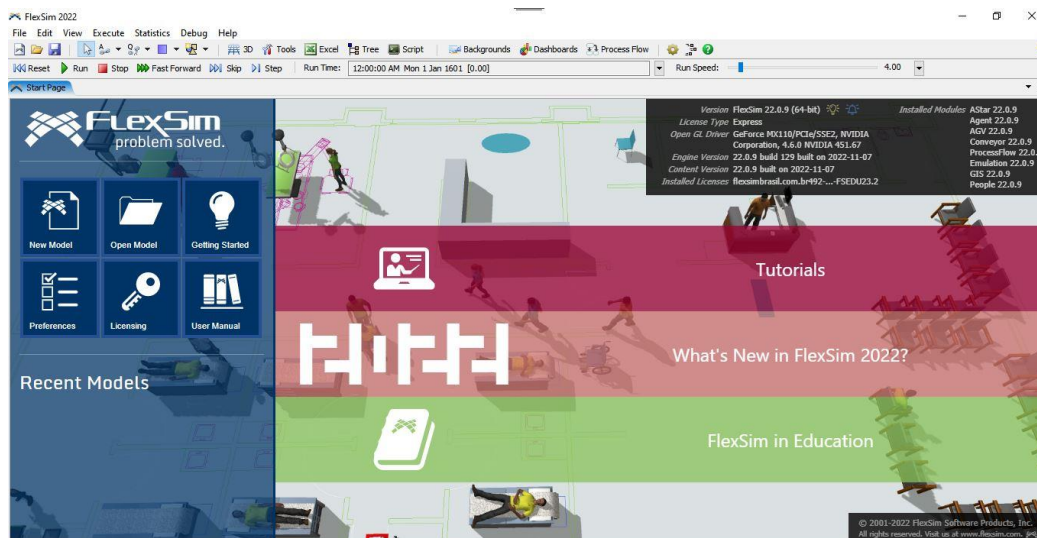
5.2.5 Software de simulação 3D FlexSim

De acordo com FlexSim (2022), o FlexSim é um software simulador 3D vê figura 16 abaixo que modela, simula e visualiza vários sistemas de negócios em vários setores: manufatura, logística, saúde, armazenamento, mineração entre outros.

Segundo o mesmo autor o FlexSim ajuda as empresas a tomarem decisões mais coerentes como por exemplo, pode-se simular sem riscos os resultados de uma mudança no processo ou automação do ambiente fabril antes de implementar as mudanças na vida real, economizando tempo e dinheiro para a empresa. E além do mais pode-se estudar alternativas para redução de custos, dinheiro e tempo no processo fabril.

A licença para a utilização do software, para a realização desde TCC foi concedido pela empresa FlexSim como consta no anexo A.

Figura 16: Software de Simulação 3D FlexSim




Fonte: FlexSim (2022)

5.2.6 Tutorial FlexSim

Para quem está utilizando uma versão de avaliação do FlexSim ou versão estudantil, o software terá alguns recursos limitados. Seu modelo de simulação permitirá apenas até 30 objetos 3D e 35 objetos de fluxo de processo por vez.

5.2.6.1 Criando um novo modelo de simulação

Você pode criar um novo modelo de duas maneiras diferentes no FlexSim:

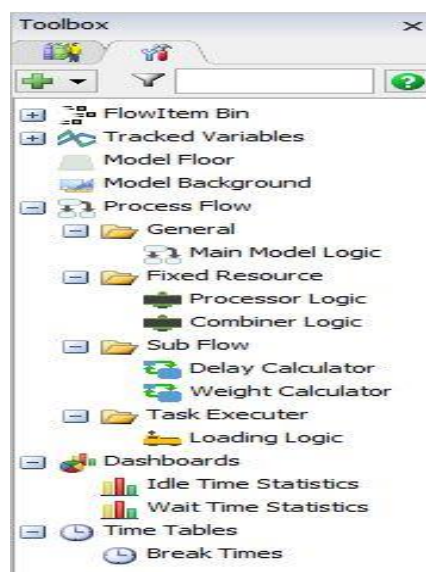
- ✓ Ao abrir o FlexSim pela primeira vez, você verá a tela inicial. Você pode iniciar um novo modelo clicando em Novo modelo no menu à esquerda.
- ✓ Na barra de ferramentas, clique no botão  “novo” para iniciar um novo modelo.

5.2.6.2 Usando a caixa de ferramentas

A caixa de ferramentas fornece um único local onde você pode ver todas as ferramentas e componentes de ferramentas que está usando em seu modelo de simulação. Você também pode usar a caixa de ferramentas para gerenciar os componentes da ferramenta.

A figura 17 abaixo, mostra alguns componentes da caixa de ferramentas e suas devidas descrições:

Figura 17: Caixa de ferramentas



Fonte: FlexSim (2023)

Global Table: Planilhas internas onde você pode importar e armazenar informações que podem ser referenciadas dinamicamente por outras ferramentas do FlexSim.

Time Table: Agenda alterações de estado (como tempos de inatividade programados) para objetos 3D específicos no modelo.

MTBF MTTR: Define tempos aleatórios de quebra e recuperação para grupos de objetos 3D no modelo.

Dashboard: Exibe os dados de uma simulação executada em tempo real.

Process Flow: Constrói a lógica geral do seu modelo.



Global List: Usado quando você precisa criar fluxos mais complexos entre objetos 3D. As listas também podem ser usadas para roteamento sem conexão, filtragem de itens de fluxo, gerenciamento de tarefas e priorização de recursos fixos.







Statistics Collector: Usado para obter estatísticas padrão ou personalizadas de um modelo de simulação.

Flow Item Bin: Personaliza a aparência visual dos itens de fluxo em seu modelo de simulação.

5.2.6.3 Visão geral dos objetos da biblioteca

Quadro 1 - Recursos Fixos

Nome e ícone	Descrição
 <p>Source</p>	<p>A origem cria itens de fluxo e os libera para um objeto downstream. Você pode controlar a taxa na qual a origem cria itens de fluxo para que eles cheguem em uma programação fixa, uma taxa contínua regular ou uma distribuição estatística aleatória</p>
 <p>Queue</p>	<p>A fila armazena itens de fluxo até que um objeto downstream esteja pronto para pegá-los. Por padrão, a fila libera itens de fluxo de acordo com o primeiro a entrar, primeiro a sair, mas outras opções estão disponíveis.</p>

<p>Processor</p> 	<p>Os processadores simulam itens de fluxo sendo processados em uma estação. Os processadores simulam um atraso de tempo, começando com um tempo de configuração seguido pelo tempo de processo. Você também pode exigir que o processador use um operador durante o tempo de configuração e/ou processo. Você também pode definir processadores para lidar com mais de um item de fluxo por vez.</p>
<p>Sink</p> 	<p>O coletor remove itens de fluxo de um modelo de simulação quando eles são concluídos</p>
<p>Combiner</p> 	<p>O combinador agrupa vários itens de fluxo. Ele pode unir os itens de fluxo permanentemente ou pode empacotá-los em um item de fluxo de contêiner para que possam ser separados posteriormente.</p>
<p>Separator</p> 	<p>O separador separa um item de fluxo em várias partes, desempacotando um item de fluxo de contêiner que foi embalado por um combinador ou fazendo várias cópias do item de fluxo original. A divisão/descompactação é feita após o término do tempo de processamento.</p>
<p>Multiprocessor</p> 	<p>O multiprocessador é semelhante ao objeto processador, mas pode simular itens de fluxo passando por uma sequência de dois ou mais processos. Você pode exigir que o multiprocessador use um operador em qualquer um ou em todos esses processos.</p>
<p>BasicFR</p> 	<p>Você pode usar o objeto BasicFR para criar um objeto de recurso fixo personalizado</p>

Fonte: FlexSim(2023)

6. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

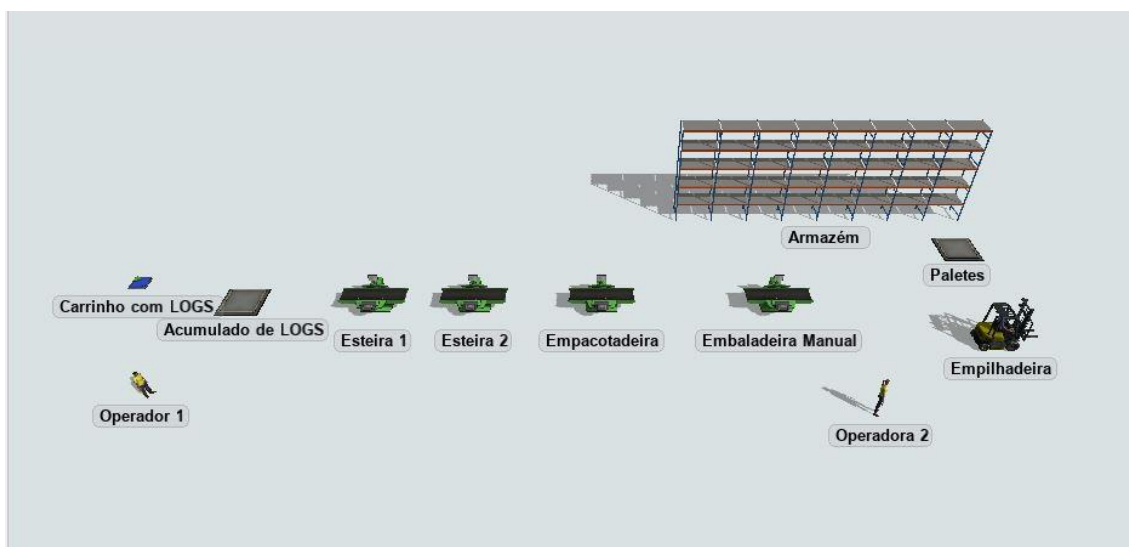
Neste capítulo será apresentado e discutido os resultados da proposta desse projeto de TCC tendo como fundamentos conhecimentos teóricos apresentados ao longo dos capítulos anteriores, conhecimentos adquiridos ao longo do curso de engenharia de controle e automação e também conhecimentos de vivência de trabalho na fábrica o qual a proposta foi elaborada.

6.1 PROTÓTIPO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DA LINHA DE PAPEL HIGIÊNICO

A primeira parte do projeto, consiste em fazer a simulação de como é o processo de produção da linha de papel higiênico vê figura 18 abaixo, que retrata a realidade fabril do processo. A fábrica o qual foi elaborada a proposta não permitiu que tirasse fotos, fizesse imagens ou qualquer tipo de registro. Mas permitiu que fizesse essa proposta por meio de simulação ou algo similar.

Por consequência do que foi exposto acima, se fez necessário fazer a simulação para demonstrar o processo e afim de comparação com a proposta sugerida neste projeto de TCC.

Figura 18: Processo de Produção da Linha de Papel Higiênico Parte Frontal



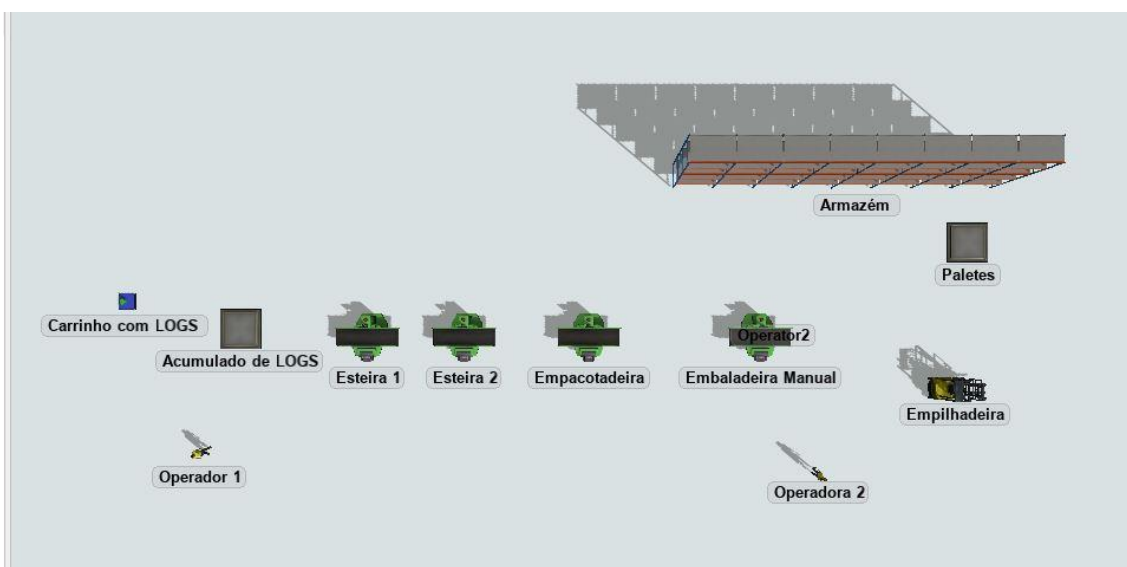
Fonte: Própria autora (2022)

O processo acima foi simulado no software FlexSim, que consistem em simulação 3D, de alta performance, baixo custo, tempo, simulação de fácil usabilidade e compreensão.

Como se pode perceber o processo de produção da linha de papel higiênico conforme figura 19 abaixo começa na entrada de alimentação, o carrinho com os LOGS é empurrado pelo operador 1 que normalmente é um colaborador do sexo masculino, ele coloca os LOGS no acumulador de LOGS, local onde ficam armazenados temporariamente.

Depois esse LOG é transportado para as esteiras 1 e 2 e passam pelo processamento e posteriormente o papel higiênico é empacotado e conseqüentemente na última etapa é embalado por uma operadora 2 que é uma colaboradora mulher. Esse último estágio do processo é feito manualmente, a colaboradora usa um ferro desses de passar roupas para fazer a selagem¹¹ da embalagem dos rolos de papel higiênicos.

Figura 19: Processo de Produção da Linha de Papel Higiênico Vista de Cima



Fonte: Própria autora (2022)

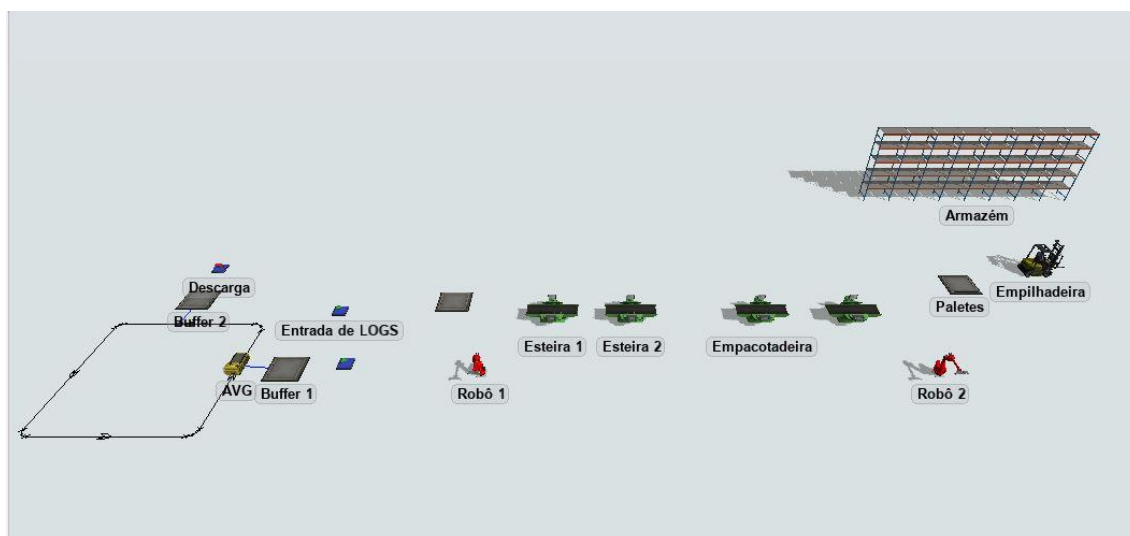
¹¹ A selagem é um processo que usa o calor por um período curto de tempo para unir duas superfícies de plásticos de uma embalagem de produto.

A consequência que se pode perceber nesse processo é a dependência de operadores humanos. Muitas das vezes ocorreram que o operador 1 tinha que se ausentar da linha e a operadora 2 também, faltava LOGS na entrada de alimentação o que tornava a linha em constante paradas. Houve casos que não tinha outros operadores para ocupar o posto de serviço. Sem falar que o último estágio do processo é manualmente.

6.2 PROTÓTIPO AUTOMATIZADO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DA LINHA DE PAPEL HIGIÊNICO

A segunda parte do projeto foi elaborar no simulador 3D FlexSim a proposta de automação da linha de produção de papel higiênico conforme a figura 20 abaixo.

Figura 20: Processo Automatizado de Produção da Linha de Papel Higiênico Parte Frontal



Fonte: Própria autora (2022)

Conforme a simulação em 3D no software FlexSim a proposta deste TCC consiste em automatizar os três setores mais sensíveis do processo: o transporte dos LOGS, a entrada de alimentação da linha e a saída do processo conforme a figura 21 abaixo.

Figura 21 : Processo Automatizado de Produção da Linha de Papel Higiênico
Vista de Cima



Fonte: Própria autora (2022)

No transporte dos LOGs até a entrada de alimentação da linha será utilizado o carrinho AGV (Veículo Auto Guiado), ou seja, é um veículo autônomo sem a necessidade de operação humana com capacidade máxima de carga de até 10 logs de 8kg e largura de 1.5m por altura 0.7m. O AGV abastecerá a entrada de alimentação, o robô 1 por sua vez colocará os LOGS no acumulador, e conseqüentemente para as esteiras 1 e 2 e o processo se inicia.

Na empacotadeira ocorre o processo de empacotamento da embalagem dos rolos de papel higiênico. Na embaladeira automatizada ocorre o processo de selagem da embalagem de papel higiênico. O robô 2 por sua vez ficará na saída de alimentação para transportar o produto acabado até os paletes e a empilhadeira transportará os produtos no palete até o armazém.

6.3 RESULTADOS

A terceira parte do projeto consiste em fazer o uso de gráficos de desempenho de cada processo afim de comparação de dados.

6.3.1 Gráficos de desempenho da linha de produção sem automação

Os gráficos a seguir referem -se ao desempenho da linha de produção de papel higiênico sem a automação.

A figura 22 refere-se ao desempenho de produção de cada um dos dois operários. O operário 1 possui 61,81% de desempenho de produção em média, e aproximadamente 38,19% ele está no estado de ociosidade (*Idle*) que inclui a parada para descanso, ida ao banheiro e eventuais paradas não programadas.

Continuando com as análises 28,88% o operador 1 está se deslocando de mão vazias (*travel empty*) até o carrinho para buscar os logs. Com 25,86% o operador 1 está se deslocando com os logs (*travel loaded*) até o acumulador.

Com 1,74% o operador 1 está em (*offset travel empty*), ou seja, está se deslocando e faz o movimento com as mãos vazias estendidas em direção do carrinho de logs. Já 5,32% refere-se quando o operador 1 está se deslocando com as mãos estendidas (*offset travel loaded*) com os logs até o acumulador.

Figura 22: Desempenho dos operários



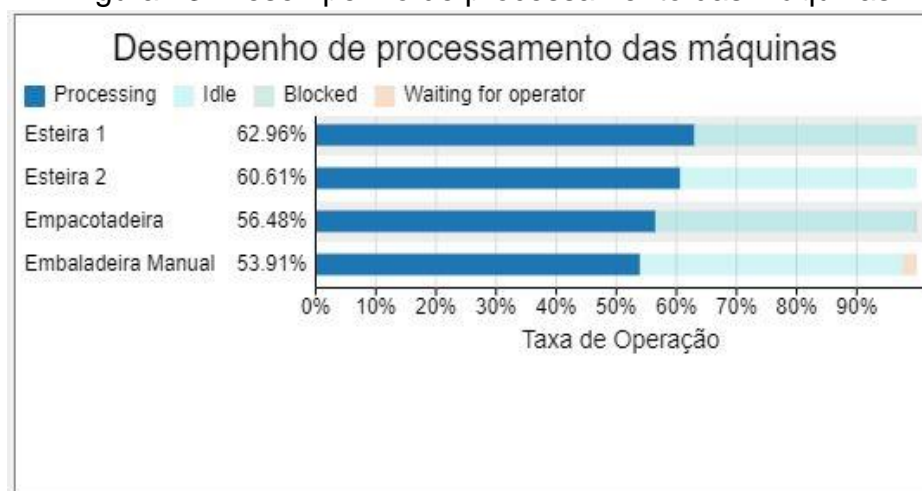
Fonte: Própria autora (2022)

A operadora 2 possui 56,29% de desempenho de produção em média, e aproximadamente 43,71% ela está no estado de ociosidade (*Idle*), porém devemos levar em conta que a operadora 2 trabalha na operação de selagem manual da embalagem dos rolos de papel higiênico e portando ela não faz deslocamentos para realizar suas tarefas, nesse estado inclui a parada para descanso, ida ao banheiro e eventuais paradas não programadas.

Continuando com as análises 53,91% a operadora 2 está fixa (*utilize*) no posto de trabalho realizando a operação manual de selagem das embalagens do papel higiênico. Com 2,38% a operadora 2 está em (*travel empty*), ou seja, faz o movimento de deslocamento com as mãos vazias até o objeto (embalagem com o papel higiênico) para selar.

A figura 23 refere-se ao desempenho de processamento de cada uma das máquinas.

Figura 23: Desempenho de processamento das máquinas



Fonte: Própria autora (2022)

O estado (*processing*), significa o quanto a máquina de fato está em operação ao longo de um determinado regime de trabalho. Observa-se que a esteira 1 possui 62,96% em operação e 37,04% está em (*Blocked*) ou seja no estado de uma parada programada ou não. A esteira 2 possui 60,61% em operação e 39,39% está em (*Blocked*) ou seja no estado de uma parada programada ou não.

A empacotadeira possui 56,48% em operação e 43,10% está em (*Blocked*) ou seja no estado de uma parada programada ou não. A embaladeira

manual possui 53,91% em operação, 2,38% em estado de espera da operadora e 43,71% está em (Blocked) ou seja no estado de uma parada programada ou não.

A figura 24 refere-se a taxa de transferência de paletes por minuto com o produto acabado.

Figura 24: Taxa de transferência de paletes por minuto

Taxa de transferência paletes/min	
Objeto	Taxa de Transferência
Paletes	2.35

Fonte: Própria autora (2022)

Cada palete possui uma carga de 100 pacotes de papel higiênico e cada um com 8 unidades de rolos de papel. Ou seja, a empilhadeira carrega aproximadamente 2,35 paletes do produto a cada minuto.

6.3.2 Gráficos de desempenho da linha de produção com automação

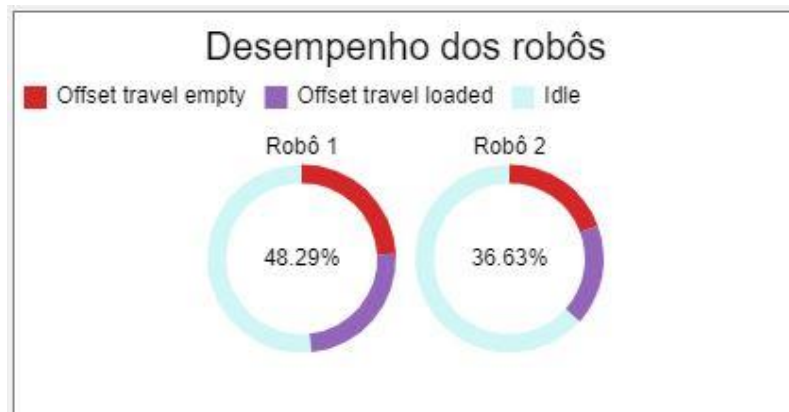
Os gráficos a seguir referem -se ao desempenho da linha de produção de papel higiênico com a automação.

A figura 25 refere-se ao desempenho de produção de cada um dos dois robôs. O robô 1 possui 48,29% de desempenho de produção em média, porém aproximadamente 51,71% ele está no estado de ociosidade (*Idle*) que inclui a parada programadas não programadas, deve-se ao fato de que o ambiente externo da fábrica influencie, pois existe muita fuligem de papel pairando no ar, o que entrar na parte interna dos robôs fazendo que ocorram as paradas.

Com 24,15% o robô 1 está em (*offset travel empty*), ou seja, está se deslocando as garras vazia até o objeto (log). Já 24,15% refere-se quando o

robô 1 está se deslocando com as garras estendidas (*offset travel loaded*) com os logs até o acumulador.

Figura 25: Desempenho dos robôs



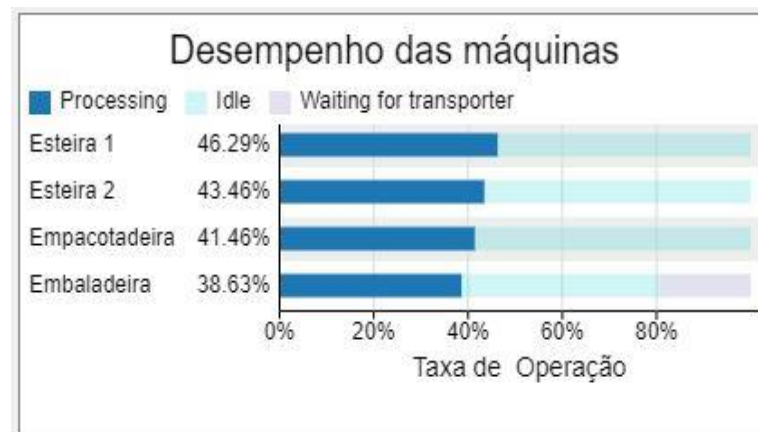
Fonte: Própria autora (2022)

O robô 2 possui 36,63% de desempenho de produção em média, porém aproximadamente 63,67% ele está no estado de ociosidade (*Idle*) que inclui a parada programadas não programadas.

Com 19,32% o robô 2 está em (*offset travel empty*), ou seja, está se deslocando as garras vazia até o objeto (log). Já 17,31% refere-se quando o robô 2 está se deslocando com as garras estendidas (*offset travel loaded*) com os logs até o acumulador.

A figura 26 refere-se ao desempenho de processamento de cada uma das máquinas.

Figura 26: Desempenho das máquinas



Fonte: Própria autora (2022)

O estado (*processing*), significa o quanto a máquina de fato está em operação ao longo de um determinado regime de trabalho. Observa-se que a esteira 1 possui 46,29% em operação e 53,71% está em (Blocked) ou seja no estado de uma parada programada ou não. A esteira 2 possui 43,46% em operação e 56,54% está em (Blocked) ou seja no estado de uma parada programada ou não.

A empacotadeira possui 41,46% em operação e 58,54% está em (Blocked) ou seja no estado de uma parada programada ou não. A embaladeira manual possui 38,63% em operação, 19,32% em estado de espera do robô e 42,05% está em (Blocked) ou seja no estado de uma parada programada ou não.

A figura 27 refere-se a taxa de transferência de paletes por minuto com o produto acabado.

Figura 27: Taxa de transferência de paletes por minuto



Fonte: Própria autora (2022)

Cada palete possui uma carga de 100 pacotes de papel higiênico e cada um com 8 unidades de rolos de papel. Ou seja, a empilhadeira carrega aproximadamente 2,03 paletes do produto a cada minuto.

Figura 28: Distância percorrida do AGV



Fonte: Própria autora

A distância percorrida do AGV por minuto até a entrada de alimentação da linha de produção de papel higiênico é de 52,23m. Esse carrinho foi configurado para carregar até 6 logs por volta.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebe-se que a proposta do projeto de automatização de uma linha de produção de papel higiênico, e algo novo no processo industrial de inserção de robôs diretamente da linha.

Obtiveram-se por meio deste projeto de simulação em 3D no software FlexSim o desenvolvimento do protótipo o qual retrataria a eventual realidade do processo fabril. Tal software tem a vantagem de custo baixo, fácil usabilidade e menos tempo para o desenvolvimento.

Foi realizado duas simulações para fim de comparação de dados: a primeira corresponde a simulação da realidade de processo da linha de papel higiênico. A segunda simula a proposta de automatização da mesma linha.

Também foram feitos gráficos que mensuraram as principais variáveis envolvidas no processo.

Esses gráficos mostram que apesar da automação da linha com robôs e carrinho AGV o nível de produção de produto não alterou de maneira satisfatória como pode-se perceber nos gráficos.

Mas essas variáveis podem ter sido interferidas pela configuração dos robôs ou até mesmo por fatores ambientais, como por exemplo: durante todo o processo de produção o papel solta fuligens que são pequenos papéis picados que pairam no ar. Isso pode acarretar diversas paradas não programadas dos robôs, pois essa poeira de papel pode entrar na parte interna dos robôs e carrinho AVG.

A partir deste estudo, conclui-se que a automatização do processo de produção da linha na entrada de alimentação e saída com a utilização de robôs e com carrinho AGV para transporte de Logs requer mais estudos futuros.

E também deve-se considerar um fator muito importante que o ambiente externo fabril, suas condições ambientais.

Os robôs e carinhos AGVs devem ser projetados para se adaptarem a essas condições de ambiente externo, o que não foi considerando nesta proposta de projeto.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Fabio. **Reengenharia – em busca de uma teoria**. São Paulo, 1994. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rae/a/XLb8XjmkHn66zX6HWYRkMCy/?lang=pt&format=pdf>> Acesso em: 20/03/22
- ALAMY, 2022. Disponível em: <Dynamo machine électrique Banque de photos et d'images éditoriales - Alamy (alamyimages.fr)> Acesso em: 10/03/22
- AMORIM, Diego. **Software de Sistemas e de Aplicação Livres: benefícios e limitações no uso dessas tecnologias nos negócios**. Disponível em: <dfba_artigo.pdf (semanaacademica.org.br)> Acesso em: 20/05/22
- ATAMANCZUK, Mauricio. SIATKOWSKI, Aldo. **Industria 4.0: O Panorama da Publicação Sobre a Quarta Revolução Industrial no Scientific periodicals Electronic Library – Spell**. 2019. Disponível em: <Vista do INDÚSTRIA 4.0: O PANORAMA DA PUBLICAÇÃO SOBRE A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL NO PORTAL SPELL (emnuvens.com.br)> Acesso em: 10/02/22
- AZEVEDO, Esterzilda. **Patrimônio Industrial do Brasil**. 2010. Disponível em: <Vista do Patrimônio industrial no Brasil (revistaarqurb.com.br)> Acesso em: 10/02/22
- AZEVEDO, Rogério. ENSSLIN, Leonardo. **Metodologia da Pesquisa para Engenharia**. Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <METODOLOGIA-DA-PESQUISA-PARA-ENGENHARIAS.pdf (researchgate.net)> Acesso em: 24/11/22
- BRUGGER, Margit. **Globalização e desenvolvimento: A abordagem agroecológica como uma alternativa para o Terceiro Mundo**. Florianópolis, 2007. Disponível em: <Dis_MargitBrugger_Sumário (ufsc.br)> Acesso em: 10/03/22
- CAVALCANTE, Zacarias. SILVA, Mauro. **A importância de revolução industrial no mundo da tecnologia**. 2011. Disponível em: <Microsoft Word - RESUMO-6 (unicesumar.edu.br)> Acesso em: 15/01/22
- CITISYSTEMS. **Os 6 Principais Tipos de Robôs Industriais**. 2022. Disponível em: <Os 6 Principais Tipos de Robôs Industriais - Citisystems> Acesso em 17/11/22
- COELHO, Pedro. **Rumo à Industria 4.0**. Coimbra, 2016. Disponível em: <[https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/36992/1/Tese Pedro Coelho Rumo à Industria 4.0.pdf](https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/36992/1/Tese%20Pedro%20Coelho%20Rumo%20à%20Industria%204.0.pdf)> Acesso em: 05/03/22
- DATHEIN, Ricardo. **Inovações Industriais: uma apresentação das mudanças tecnológicas determinantes nos séculos XVIII e XIX**. Porto Alegre, 2003. Disponível em: < INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS (ufrgs.br)> Acesso em: 20/02/22

FILHO, Teodiano. **Aplicação de Robôs Industriais**. Espírito Santo, 1999 Disponível em: < Microsoft Word - robosindustriais.doc (teodianobastoslab.net) >. Acesso em 24/10/2021.

FINE PHOTO. Disponível em <HISTÓRIA DO PAPEL / PAPEL FINE ART - Fine Photo > Acesso em: 24/10/2021

FLEXSIM. 2022. Disponível em: <3D Simulation Modeling and Analysis Software | FlexSim> Acesso em: 20/11/22

HELUKABEL. Disponível em: <A Robótica Industrial está mudando as linhas de produção - (helukabeldobrasil.com.br)> Acesso em: 25/11/21

LEOMAR. **Introdução à robótica**. Disponível em:< guia de robotica.pdf (leomar.com.br)Titulo (abepro.org.br)> Acesso em: 10/04/22

LOPES, Charles. GARCIA, Marcus. ASSUMPÇÃO, Thiago. **As revoluções Industriais e o Surgimento do Proletariado Urbano**. 2020. Disponível em: < AS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS E O SURGIMENTO DO PROLETARIADO URBANO | Brasil Para Todos - Revista Internacional (eniac.com.br)> Acesso em: 18/01/22

LOPES, Rafael. **Sistema de Geração de Energia para Pequenas Cargas**. Brasília, 2014. Disponível em: <MONOGRAFIA Rafael Bordallo Versão Final.pdf (uniceub.br)> Acesso em: 10/03/22

MATHIAS, Ivo. **Algoritmos e Programação I**. Ponta Grossa – Paraná, 2017. Disponível em: <Algoritmos e Programação I EBOOK.pdf (capes.gov.br)> Acesso em: 27/07/22

MINISTERIO DA SAÚDE. **O que é COVID?** Disponível em: <O que é a Covid-19? — Português (Brasil) (www.gov.br)> Acesso em: 15/01/22

NEVES, Alan. OLIVEIRA, Felipe. LUNA, Higor. SIMÃO, Juan. CASATI, Luís. AGUIAR, Rafael. **Esteira Transportadora**. Araçatuba- São Paulo, 2018. Disponível em: <ESTEIRA TRANSPORTADORA - PDF Download grátis (docplayer.com.br)> Acesso em: 25/11/22

OTONNI, André. **Introdução à Robótica**. 2010. Disponível em: < (Microsoft Word - Materialdeestudo_introdu\347aoarobotica) (ufsj.edu.br)> Acesso em: 25/11/21

PIROTA, Gustavo. AMARAL, Rodrigo. **A Implantação dos Pilares da Indústria 4.0 como método de Melhoria em uma Empresa de Módulos Construtivos**. 2018. Disponível em: < trabalho-1000001155.pdf (conic-semesp.org.br)> Acesso em 15/05/22

PRÍMULA. Disponível em: <Indústria de papel higiênico - Prímula (primulapapeis.com.br)> Acesso em: 15/01/22

PRODANOV, Cleber. FREITAS, Ernani. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. Rio grande do Sul, 2013. Disponível em: < Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do ... - Cleber Cristiano Prodanov e Ernani Cesar de Freitas - Google Livros> Acesso em: 24/11/22

ROGGIA, Leandro. FUENTES, Rodrigo. **Automação Industrial**. Santa Maria – Rio Grande do Sul, 2016 Disponível em: <https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/06_automacao_industrial.pdf>. Acesso em: 20/05/2021

RUSSOM, Philip. **Big Data Analytics**. 2011. Disponível em: <Big Data Analytics (vivomente.com)Inteligencia artificial_FIN.indd (cdnstatics.com)> Acesso em: 27/07/22

SAKURAI, Ruudi. ZUCHI, Jederson. **As revoluções Industriais até a Indústria 4.0**. São Paulo, 2018. Disponível em: <AS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS ATÉ A INDÚSTRIA 4.0 | Revista Interface Tecnológica (fatectq.edu.br)> Acesso em 10/02/22

SANTOS, Vítor. **Robótica Industrial**. 2004. Disponível em: <Microsoft Word - RoboticalIndustrial-Sebenta2003-2004-v2a.doc (ua.pt)> Acesso em: 15/01/2022

SERVNEWS. Disponível em: < Robótica na fabricação automóveis - ServNews Robótica >. Acesso em 24/10/2021

SILVA, Adair. BARBOSA, Dawitt. BRITO, Tiago. **Realização do Controle de Posição e Orientação de um AVG com Duas Rodas Tratoras**. 2017 Disponível em: <trabalho-1000024441.pdf (conic-semesp.org.br)> Acesso em: 20/11/22

SILVA, Dorotéa. SILVA, Ricardo. GOMES, Maria. **Reflexo da Terceira Revolução Industrial na Sociedade**. Curitiba, 2002. Disponível em: <O reflexo da terceira revolução industrial na sociedade (abepro.org.br)> Acesso em: 20/03/22

SILVA, Márcia. GASPARIN, João. **A Segunda Revolução Industrial e suas Influências sobre a Educação escolar Brasileira**. Maringá, 2005. Disponível em: <Microsoft Word - txtco_Marcia CA Silva e João L Gasparin2.doc (timelinefy-space-001.nyc3.digitaloceanspaces.com)>Acesso em: 17/01/22

TILLMANN, Carlos. **Motores de Combustão Interna e seus Sistemas**. Pelotas-RS, 2013. Disponível em: <__motores_combust_int.indb (conaenge.com.br)> Acesso em: 15/03/22

TISSUE. Disponível em: <Participação, tamanho e demanda de papel higiênico |Análise da indústria 2028 (www-alliedmarketresearch-com.translate.google)> . Acesso em 24/10/2021

ANEXO A**Re: FlexSim - Licença Student**

Caixa de entrada

Eter., 18 de
out. 11:11**Elis Regina - FlexSim Brasil**

para mim

Ligiane,

segue abaixo o ID de ativação da licença, e anexo um passo a passo de como ativá-la.

=====
=== FlexSim Activation IDs [STANDALONE] ===FlexSim Educational 23.2
standalone, 1 seat, timed, expires 2022-11-18
flexsimbrasil.com.br492-33W5V-P42GT-C8K1W-FSEDU23.2

Atenciosamente,

**Elis Soares**

Customer Service

elis.regina@flexsimbrasil.com.br

tel: (19) 3308-2032 / (19) 3308-1946

cel: (19) 98447-8747

[Clique para agendar uma reunião comigo!](#)

FlexSim Brasil | Filial da FlexSim, USA

Rua Regente Feijó | 221 salas 43 e 44 Centro Campinas | SP

Brazil www.flexsimbrasil.com.br | www.eadsimulacao.com.br