

Implantação de impressoras 3D na indústria calçadista: estudo de caso no estado do Rio Grande do Sul

Autora: Neila Studier

Orientadora: Ana Clara Aparecida Alves de Souza

RESUMO

A fabricação de calçados tem uma grande representatividade para a geração de empregos e para a economia do país, sendo uma atividade bastante antiga e inicialmente realizada de forma artesanal, tornou-se fabril com a primeira revolução industrial e foi se automatizando ao longo das demais revoluções industriais. Com a abertura de mercado a concorrência se tornou muito expressiva e as empresas buscaram introduzir em seus processos inovações e tecnologias a fim de se manterem no mercado e se tornarem competitivas. Nesse contexto, a quarta revolução industrial possibilitou fábricas mais inteligentes, onde humanos e máquinas interagem de forma simples, trazendo recursos tecnológicos como a impressão 3D. Este artigo tem como objetivo responder à seguinte questão de pesquisa: *Como a adoção da tecnologia de impressão 3D afetou o processo produtivo do setor de matrizaria em uma organização calçadista do Rio Grande do Sul?* Dessa forma, foi realizado um estudo de caso único do tipo qualitativo exploratório, sendo que a coleta de dados foi feita através de um roteiro de entrevistas semi-estruturadas aplicado aos colaboradores do setor de CAD/CAM da matrizaria da empresa. Analisando as entrevistas é possível concluir que a aquisição de impressoras 3D para o setor de matrizaria proporcionou muitos benefícios para a empresa, reduzindo o tempo de processo, melhorando a qualidade, a assertividade e os custos de fabricação, além de trazer vantagens aos colaboradores por estarem inseridos em um ambiente tecnológico. A adoção da tecnologia de impressão 3D afetou de forma muito positiva o processo produtivo da empresa analisada.

Palavras-chaves: impressão 3D; indústria calçadista; tecnologia.

ABSTRACT

Footwear manufacturing has a great role in generating jobs and for the country's economy, being a very old activity and initially carried out by hand, it became a factory with the first industrial revolution and became automated throughout the other revolutions. industrial. With the opening of the market, competition became very significant and companies sought to introduce innovations and technologies into their processes in order to remain in the market and become competitive. In this context, the fourth industrial revolution enabled smarter factories, where humans and machines interact in a simple way, bringing technological resources such as 3D printing. This article aims to answer the following research question: *How did the adoption of 3D printing technology affect the production process in the die-making sector in a footwear organization in Rio Grande do Sul?* In this way, a single case study of an exploratory qualitative type was carried out, with data collection being carried out through a semi-structured interview guide applied to employees in the CAD/CAM sector of the company's headquarters. Analyzing the interviews, it is possible to conclude that the acquisition of 3D printers for the die-making sector provided many benefits for the company, reducing process time, improving quality, assertiveness and manufacturing costs, in addition to bringing advantages to employees as they are inserted in a technological environment. The adoption of 3D printing technology had a very positive effect on the production process of the company analyzed.

Keywords: 3D printing; footwear industry; technology.

1. INTRODUÇÃO

A fabricação de calçados é uma atividade tradicional no Brasil, iniciou-se com a colonização alemã no estado do Rio Grande do Sul, em 1824, devido à grande oferta de couro na região aliada à habilidade dos imigrantes (CALIXTO, 2013). Entre os anos 1970 e 1990, o Brasil, a Coreia do Sul e Taiwan eram os principais produtores e exportadores de calçados do mundo, mas com a oferta de mão de obra mais barata, outros países como China e Indonésia ganharam destaque na década de 1980 (COLANTUONO; SOUZA, 2018). A indústria calçadista possui grande representatividade no Brasil, pois tem um número expressivo de funcionários empregados nas mais de oito mil fábricas existentes no país (CALIXTO, 2013).

Em decorrência da competitividade internacional, as indústrias brasileiras tiveram que passar por transformações em suas estruturas e processos nas últimas décadas, de modo que a introdução de tecnologias e inovações tornaram-se cruciais para a permanência no mercado e lucratividade (PEREIRA JÚNIOR; SAMPAIO, 2020). Nesse contexto, a chamada quarta revolução industrial trouxe uma grande possibilidade de novas tecnologias e inovações nas mais diversas áreas: inteligência artificial (AI), robótica, internet das coisas, impressão 3D, veículos autônomos, nanotecnologia, ciência dos materiais, entre outras (SCHWAB, 2019).

A impressão 3D surgiu no final da década de 1980 e se baseia no processo de fabricação por adição de material. Se realiza a partir de um modelo digital feito, normalmente, por um sistema CAD (*computer - aided design*) e se dá através de um processo de deposição de material em camadas, até completar o formato final do objeto físico (VOLPATO; CARVALHO, 2018). A impressão 3D representa uma revolução da indústria, pois antes, para obter um protótipo, era necessário um molde de produção, construído a partir de peças produzidas manualmente. Atualmente, tem-se uma rápida capacidade de prototipagem dos mais variados graus de complexidade, por meio da impressão 3D (MENIN, 2022).

Considerando o referido contexto, este estudo tem por objetivo analisar como a implantação da tecnologia de impressão 3D afeta o processo de desenvolvimento em uma indústria calçadista. Para isso, busca-se responder à seguinte questão de pesquisa: *Como a adoção da tecnologia de impressão 3D afetou o processo produtivo do setor de matrizaria em uma organização calçadista do Rio Grande do Sul?*

Segundo dados divulgados pela Associação Brasileira de Indústria de Calçados (Abicalçados), o Rio Grande do Sul é o estado que mais emprega no setor calçadista Brasileiro, encerrando o ano passado com 34,1 % dos postos gerados pela atividade no país, sendo 87 mil empregados pela indústria de calçados (POSSEBON, 2023). Através da utilização de tecnologias é possível melhorar tempos e processos, entregando produtos com mais qualidade, reduzindo custos e desperdícios, tornando, assim, a empresa mais competitiva no mercado (VOLPATO; CARVALHO, 2018).

A presente pesquisa justifica-se por buscar compreender os efeitos da implantação da tecnologia de impressão 3D no processo de desenvolvimento de uma indústria calçadista. Este artigo está estruturado em cinco seções, a contar desta introdução. A seção de referencial teórico aborda as revoluções industriais ao longo da história, Indústria 4.0, impressão 3D e indústria calçadista. Na sequência, apresenta-se o método de pesquisa, a análise e discussão dos resultados e por fim, as considerações finais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Revoluções industriais ao longo da história

As revoluções ocorrem com a criação de novas tecnologias e representam as transformações radicais que acontecem nas estruturas sociais e econômicas da sociedade. A Primeira Revolução Industrial ocorreu por volta dos anos de 1760 e 1840, com a criação da máquina a vapor que deu início à produção mecânica e também com a construção de ferrovias. A Segunda Revolução Industrial aconteceu entre os séculos XIX e XX com a produção em massa devido ao surgimento da eletricidade e da linha de montagem. A Terceira Revolução Industrial, também conhecida por revolução digital, teve início na década de 1960 e foi estimulada pelo progresso dos semicondutores, da computação e posteriormente, em 1990, pela internet (SCHWAB, 2019).

Anteriormente ao surgimento da indústria tudo era manufaturado de forma manual, perante a uma população que crescia exponencialmente, surgiu a necessidade de se produzir em maior quantidade e de forma mais rápida que é o fundamento do capitalismo para a obtenção de lucro (SAKURAI; ZUCHI, 2018).

Com início no começo do século XXI e tendo como base a revolução digital, é possível afirmar que está em curso a Quarta Revolução Industrial. A Indústria 4.0, como também é conhecida, se distingue pela internet móvel e universal, por sensores cada vez menores, mais potentes e mais baratos, pela inteligência artificial (AI) e aprendizagem de máquina. As tecnologias digitais estão se tornando mais aperfeiçoadas e integradas, modificando a sociedade e a economia global (SCHWAB, 2019).

No Brasil, a primeira revolução industrial ocorreu lentamente e foi após a sua independência, pois enquanto colônia a economia se limitava a prática da agricultura, uma vez que Portugal proibia a manufatura no país. Na metade do século XIX, ocorreram mudanças econômicas e, com o desenvolvimento da economia cafeeira, foi possível impulsionar outras áreas, como a indústria. Durante a Primeira República ocorreram a instalação de fábricas de calçados, de produtos de higiene, de alimentos e montadoras de automóveis, entre outras. A segunda revolução industrial no Brasil se deu na política de Getúlio Vargas que viabilizou o desenvolvimento industrial em 1930. Foram construídas a usina de Volta Redonda, a companhia Vale do Rio Doce e também a Petrobras. Na década de 1990 o Brasil passou a expandir sua indústria trazendo tecnologias de outros países industrialmente mais sofisticados e retomando a terceira revolução industrial no país. Atualmente, o país ainda não avançou bem na indústria 4.0, pois são poucas empresas que conseguem incorporar tais inovações. Alguns obstáculos são a falta de mão-de-obra qualificada, falta de investimentos em tecnologia e infraestrutura e a defasagem dos fornecedores, entre outros (BARGO; MENDES, 2022).

2.2 Indústria 4.0

As fábricas inteligentes se destacam na Indústria 4.0, onde humanos e máquinas interagem de forma simples, como em uma rede social, sendo capazes de assumir complexidade maiores com menor possibilidade de falhas (PEREIRA; SIMONETTO, 2018). A auto-configuração, a prevenção de erros, a capacidade de se adaptar às mudanças são aspectos da Indústria 4.0 e são conquistados pela conexão entre ambientes de trabalho, sensores, máquinas e sistemas de TI, empregando protocolos da internet, suscitando maior eficiência e diminuição nos custos do processo (MORAIS; GLÓRIA JÚNIOR; MORAIS, 2022).

A Indústria 4.0 é apoiada por 9 pilares tecnológicos, conforme os autores Pereira e Simonetto, (2018):

1. Big data e análise de dados: grandes quantidades de dados sobre a produção podem ser obtidos de diferentes fontes, sendo avaliados para a tomada de decisão simultaneamente.
2. Robôs autônomos: robôs mais autônomos, trabalhando ao lado dos humanos, reduzindo custos com maiores capacidades.
3. Simulação: através das informações obtidas é possível fazer simulações que auxiliam na tomada de decisão. Modelos virtuais poderão ser utilizados para a otimização de parâmetros.
4. Integração de sistemas horizontal e verticalmente: sistemas estarão mais integrados possibilitando maior automação.
5. A Internet das Coisas Industrial: conectando equipamentos com processamento, e auxiliando na obtenção de respostas.
6. Segurança cibernética: construção de novas tecnologias para este fim.
7. Nuvem: O uso da computação em nuvem crescerá com a Indústria 4.0, possibilitando ganhos em performance das tecnologias envolvidas
8. Fabricação de aditivos: construção de produtos personalizados, sem estoque, a partir do uso de tecnologias como as impressoras 3D.
9. Realidade aumentada: o desenvolvimento e o direcionamento serão auxiliados pela realidade aumentada.

A adoção dessas tecnologias possibilita um maior controle e assertividade do processo; redução de mão-de-obra; redução de retrabalhos; redução de custos e tempo de fabricação; melhorias na qualidade dos produtos; oportunizando um aumento na competitividade das empresas (CRUZ; TAVARES, 2020). A tecnologia de impressão 3D, que é um dos pilares tecnológicos recém citados, é um processo que traz benefícios e facilidades para as indústrias e população em geral, pois possibilita a materialização de diversos tipos de objetos (VOLPATO; CARVALHO, 2018).

2.2.1 Impressão 3D

A impressão 3D é uma tecnologia que vem se tornando cada vez mais popular e acessível. Sendo utilizada em diversas áreas como: Educação, Indústria, arquitetura, construção, medicina, moda, artes e design (VOLPATO; CARVALHO, 2018).

A história da impressão 3D começou na década de 1980 com a técnica de estereolitografia, criada pelo japonês Hideo Kodama, do Instituto Municipal de Pesquisa Industrial de Nagoya. Essa técnica se baseava em criar modelos físicos através de deposição de camadas de fotopolímero e a solidificação da resina era feita com luz ultravioleta (MENIN, 2022). Mas foi em 1984 que o norte-americano Chuck Hull desenvolveu a primeira impressora 3D e patenteou sua invenção. Em 1986, Chuck Hull fundou a primeira empresa de impressão 3D do mundo, a 3D Systems, que ainda hoje é uma das líderes de mercado. A 3D Systems comercializa suas impressoras para diversos setores, dentre eles: indústria aeroespacial, automotiva e para produção de joias (MORANDINI; VECHIO, 2020)

O processo de impressão 3D se dá pela deposição de material em camadas, até completar o formato final de um objeto criado a partir de um modelo digital feito com o auxílio de um software 3D (SENA, 2022). A tecnologia de impressão 3D representa uma revolução da indústria, pois antes, para obter um protótipo era necessário um molde de produção, construído a partir de peças produzidas manualmente e por sistema CAD (*computer-aided design*), CAM (*Computer-aided Manufacturing*) e usinagem CNC (*Controle Numérico Computadorizado*). Hoje temos uma rápida capacidade de prototipagem dos mais variados graus de complexidade, por meio da impressão 3D (ZAPAROLLI, 2019).

O desempenho dessa tecnologia é tão amplo que podem ser impressos objetos simples com poucos detalhes, como pequenos moldes, até elementos mais complicados, como próteses, órteses, peças para carros e casas. Ainda podemos citar peças com destino a área da educação, para o setor aeroespacial, para auxiliar em diagnósticos e cirurgias (MORANDINI; VECHIO, 2020). Os tipos de materiais mais utilizados para a impressão 3D são os plásticos, as resinas, os metais, a borracha e o papel. Sendo que a escolha depende do modelo de objeto a ser produzido (MORANDINI; VECHIO, 2020).

Como dito anteriormente, todo modelo impresso tridimensionalmente precisa de uma representação geométrica computacional do objeto a ser materializado. Após ser modelado em softwares específicos para isso, pode ser iniciado o processo de impressão. Envia-se o objeto digital para o software da impressora que calcula a impressão e divide o modelo em camadas de acordo com as dimensões, materiais e complexidade. As camadas vão sendo depositadas uma a uma até completar o objeto. Esse processo pode levar horas, dependendo do tamanho da peça (QUEIROZ, 2018). Além disso, a impressora deve ser configurada adequadamente, a sincronização entre software e hardware garantida, abastecida com os materiais necessários e sua manutenção deve estar em dia (VOLPATO; CARVALHO, 2018). Resumindo, a impressora calcula como, quando e a quantidade de material necessária a ser depositada sobre a mesa de impressão de acordo com as camadas geradas pelo software (MORANDINI; VECHIO, 2020).

Para finalizar, existe um processo pós-impressão, em que os profissionais executam a limpeza do modelo impresso retirando os restos de materiais indesejáveis, além disso, pode existir a necessidade de algum acabamento específico ou pintura da peça (VOLPATO; CARVALHO, 2018). Não existe uma impressora que atenda todos os cenários e tipos de uso. Encontram-se diversos tipos de impressoras com técnicas específicas para diferentes propósitos (GORNI, 2001).

Como principais tipos tem-se:

1. Estereolitografia (SLA)

Como mencionado antes, foi o primeiro tipo de impressora 3D. Muitos modelos de impressoras utilizam essa tecnologia, operam com um laser e um tipo de resina. O calor do laser é aplicado em pontos definidos pelo arquivo de impressão, camada por camada, nesses pontos ocorre o endurecimento da resina e a peça vai assumindo a forma planejada. Por via de regra, os objetos criados por SLA precisam de acabamento posterior e também é habitual a exposição ao calor em fornos para a solidificação completa da resina. Normalmente esses objetos impressos por estereolitografia costumam ser mais frágeis (SENA, 2022).

2. Sinterização seletiva a laser (SLS)

Para imprimir as peças, utiliza um laser de dióxido de carbono para fundir pequenos fragmentos de material em pó. Esse pó empregado no processo não é necessariamente raro ou especial, este material pode ser de qualquer natureza, desde que possa ser transformado em pó. É uma manufatura aditiva de baixo custo e pode se mostrar favorável na indústria em geral (MORANDINI; VECHIO, 2020).

3. Modelagem por deposição fundida (FDM)

Este método de impressão distribui material derretido pelas camadas pré-definidas pelo software. Essa impressora opera com filamentos do material que vai sendo desenrolado, aquece e derrete ao atravessar o bocal da impressora. A impressora vai depositando o material gradativamente camada por camada até formar o objeto completo. Normalmente para este método de impressão se utiliza material plástico (SENA, 2022).

4. Manufatura de objetos laminados (LOM)

Nesta técnica se utiliza bobinas de papel laminado com cola ativada pelo calor em forma de tiras que vão sendo grudadas umas nas outras formando o objeto. A tira de papel avança com a ajuda de um rolo coletor sobre a plataforma de construção onde existe uma base feita de papel. Após, a tira é fixada à base por um rolo de pressão aquecido, enquanto uma fonte de raio laser

corta o papel em divisões transversais, facilitando o processo de remoção de material extra. Esses modelos devem passar por um processo de acabamento de selagem e pintura, de modo a evitar eventuais danos causados pela umidade. As impressoras mais modernas permitem o uso de materiais plásticos, papel hidrófobo e pós cerâmicos e metálicos. O uso desse processo é mais adequado para protótipos rápidos e de pouca precisão, pois, apesar de ser um tipo de manufatura aditiva mais barata e simples, não é apropriado para objetos mais complexos e resistentes (GORNI, 2001).

5. LCD

Este método utiliza uma fonte de luz UV emitida através de um display LCD para curar a resina líquida disposta em um tanque. O processo de impressão se dá quando a plataforma de construção fica em contato com o tanque de resina, sendo que a espessura da camada é a distância entre a plataforma ou a última camada e a parte inferior do tanque. Suas vantagens são o custo acessível, a velocidade de impressão e o bom nível de detalhamento (3DLAB, 2021).

Empresas dos mais diversos ramos são beneficiadas pela utilização das impressoras 3D e a indústria calçadista é um exemplo onde a manufatura aditiva vem sendo empregada para a fabricação dos moldes das solas injetadas. O protótipo feito por impressão 3D é usado como base para um molde de alumínio fundido, sendo esse processo especialmente interessante quando o produto é bastante texturizado, já que a textura é aplicada direto no protótipo (HEINEN, 2021).

2.3 Indústria calçadista

Com a necessidade da humanidade em produzir bens de uso cotidiano, a fabricação de calçados tornou-se uma prática bastante antiga. Sua confecção era completamente artesanal e voltada ao consumo próprio e se converteu em atividade fabril com a primeira revolução industrial (MOURA, 2020).

No Brasil, em 1824, com a chegada dos primeiros imigrantes alemães a produção de calçados ganhou relevância. Esses profissionais com suas habilidades manuais e o domínio das técnicas de curtimento e trabalho com couro, trouxeram o *Know how* europeu de fabricação de calçados e em 1880 surgiu, no Vale dos Sinos, a primeira fábrica de calçados do Brasil. Os imigrantes italianos que chegaram na serra gaúcha, juntamente com ingleses e escoceses, também contribuíram para o desenvolvimento da produção de calçados no país (BATISTA; MELLO, 2022).

A abertura de mercado na década de 1990, trouxe mudanças na competitividade para o setor calçadista, iniciando um período de crise. Até então, o Brasil, a Coreia do Sul e Taiwan eram os principais produtores e exportadores de calçados do mundo, mas com a oferta de mão de obra mais barata, outros países como China e Indonésia, ganharam destaque (COLANTUONO; SOUZA, 2018). A indústria calçadista sente os impactos com o aumento das importações de produtos provenientes de outros países e reage expandindo sua produção para o mercado internacional. Para tanto, foi necessária uma reestruturação produtiva e territorial da indústria que precisou investir em máquinas e equipamentos, além de acrescentar ações gerenciais e tecnológicas. Até então, os estados do Rio Grande do Sul e São Paulo se destacam tradicionalmente pelo desenvolvimento de calçados, mas a fragmentação da produção em outras regiões do país, impulsionou a fabricação no Nordeste, aproveitando vantagens de incentivos fiscais (PEREIRA JÚNIOR; SAMPAIO, 2020).

Atualmente, as importações de calçados seguem em alta, sendo que China, Vietnã e Indonésia respondem por mais de 86% do total de pares importados no mês de julho de 2023. Neste mesmo mês, as importações dos três países asiáticos - em receita - tiveram crescimento

médio de 98,8% em relação ao mesmo período de 2022. Esse aumento das importações de produtos asiáticos causa preocupação na indústria nacional.

A indústria calçadista representa um setor importante da economia Brasileira. Em 2022 ela foi responsável por 296,4 mil empregos formais e registrou a abertura de 24,6 mil postos de trabalho neste mesmo ano. Em 2021, existiam 4,6 mil fábricas de calçados com pelo menos um funcionário no Brasil, sendo que o Rio Grande do Sul representa o maior volume de empregos do setor (29,3%), tendo 34,5% das empresas instaladas (ABICALÇADOS, 2023).

Com um mercado internacional cada vez mais dinâmico a concorrência se torna cada vez mais acirrada, o que exige produtos de maior qualidade e com preço competitivo. As empresas buscam alterações em seus processos de desenvolvimento a fim de reduzir tempo e melhorar a qualidade dos produtos.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com base nos objetivos declarados, a presente pesquisa será do tipo qualitativa exploratória, visando propiciar maior intimidade com o problema, buscando torná-lo mais compreensível ou a estabelecer hipóteses. Esse tipo de pesquisa tem como principal finalidade a evolução de ideias ou a revelação de intuições. Normalmente, essas pesquisas incluem um levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que têm conhecimento prático na questão da pesquisa e análise de exemplos que induzem o conhecimento (GIL, 2002).

A classificação desta pesquisa é um estudo de caso único, sendo este, análogo a uma experiência simples, que representa o caso indagador a testar uma suposição bem formulada, tendo como objetivo determinar se as hipóteses de uma teoria estão corretas ou se outras explicações alternativas podem ser mais relevantes (YIN, 2015). A metodologia de pesquisa deve ser escolhida de acordo com cada caso, podendo ser utilizados estudos bibliográficos, documentais, de campo, entrevistas, questionários, entre outros. De posse das informações é possível analisar e apresentar as conclusões (LUNETTA; GUERRA, 2023).

A coleta de dados empregada no artigo foi realizada através de entrevistas semi-estruturadas aplicadas diretamente aos colaboradores da indústria pesquisada, por meio de um roteiro contendo questões que são evidenciadas na análise dos resultados, buscando identificar como era antes e depois da implantação da tecnologia de impressão 3D recém incorporada ao setor de CAD/CAM da empresa. A entrevista semi-estruturada é um instrumento de levantamento de dados em pesquisa, que utiliza um roteiro pré definido, mas flexível, permitindo que o entrevistado expresse outros pontos na questão abordada (SANTOS; JESUS; BATTISTI, 2021).

O estudo de caso foi realizado no centro de pesquisa e desenvolvimento de uma empresa de grande porte, situada no Rio Grande do Sul. Com mais de 17 mil colaboradores, a empresa investe milhões em inovação para o desenvolvimento de seus produtos e em tecnologias industriais para suas fábricas, buscando constante renovação para entregar o melhor produto aos seus consumidores e a implantação de impressoras 3D no setor de CAD/CAM da matrizaria foi um de seus investimentos recentes.

A empresa já utilizava duas impressoras no setor de desenvolvimento para a aprovação de protótipos visuais, então optou por investir em impressão 3D no setor de matrizaria, visando eliminar alguns processos, padronizar e melhorar o acabamento das maquetes de fundição. O objetivo era ganhar em tempo de desenvolvimento e qualidade, buscando entregar ao mercado seus produtos de forma mais competitiva.

4. ANÁLISE DE DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No setor de CAD/CAM, a empresa possui duas impressoras da marca OMG, com tecnologia de impressão SLA e uma impressora da marca NEXA com tecnologia de impressão LCD. São oito projetistas de solados responsáveis por enviar serviços para as impressoras 3D e foram entrevistados seis projetistas para a realização do estudo de caso, sendo que os outros dois projetistas estavam indisponíveis para a realização da entrevista (Quadro 1).

Quadro 1 - perfil dos respondentes

Entrevistados	Cargo	Tempo de empresa (anos)
E1	Coordenador de impressão 3D	4
E2	Gerente de modelagem e componentes	30
E3	Projetista Sênior	3
E4	Projetista 3D	3
E5	Projetista CAD	13
E6	Coordenador de CAD	16

Fonte: elaborado pela autora (2023).

A pesquisa realizada evidenciou transformações humanas, de processo e de resultado a partir da implantação da tecnologia de impressão 3D no setor de matrizaria da empresa em estudo. Os colaboradores têm sido desafiados a aprender e incorporar a tecnologia nos trabalhos realizados, já que nenhum deles tinha experiência com impressão 3D, fora ou dentro dessa empresa, antes da inserção no setor. Como destaca Schwab (2019), as tecnologias digitais estão se tornando mais aperfeiçoadas e integradas, modificando a sociedade e a economia global.

Quando os entrevistados foram questionados sobre a **experiência com matrizaria antes de trabalhar nesta empresa** em estudo e como era realizado o trabalho, quatro dos seis entrevistados afirmaram ter experiência anterior e relataram que o processo era realizado com usinagem de maquete e fundição de molde, nenhum tinha conhecimento prévio em impressoras 3D. O Entrevistado 4 destacou que, antes da implantação das máquinas de usinagem CNC, o processo era ainda mais manual:

Quando comecei era tudo com usinagem, não existia impressora 3D. Bem no início não tinha nem CAD, era tudo feito a mão, a maquete era feita com cepa de madeira e pecinhas em borracha coladas na madeira para formar o modelo e depois era enviado para fundição. Era bem manual. Depois vieram os CAD's e eliminamos essa parte da banca, daí ia para a CNC, acabamento e fundição. (ENTREVISTADO 4).

Com o relato do Entrevistado 4, pode-se evidenciar um processo bem artesanal que foi evoluindo ao longo dos anos, conforme Moura (2020) a fabricação de calçados é uma prática bastante antiga e sua confecção era completamente artesanal, voltada ao consumo próprio e se converteu em atividade fabril com a primeira revolução industrial.

O entrevistado 5 declarou ter trabalhado em diversas áreas do processo de fabricação de calçados, mas nunca com impressoras 3D:

Trabalhei com a parte de fundição, acabamento, fresa, torno, manutenção de matriz. Trabalhei em uma empresa em que eu fazia todos os processos, você pegava um projeto e fazia do início ao fim. Depois quando vim para essa empresa o processo era segmentado. Eu nunca tinha trabalhado com impressora 3D (ENTREVISTADO 5).

Conforme os relatos, observou-se que a impressão 3D pode ser considerada uma tecnologia que foi incorporada recentemente pela indústria calçadista, devido a evolução das

impressoras 3D, desde sua criação, segundo Zapparoli (2019) e hoje existem diversos modelos para atender as mais variadas necessidades.

Quando perguntados sobre **como era realizado o trabalho no setor de matrizaria antes da implantação das impressoras 3D** no processo, nesta empresa em estudo, os entrevistados relataram que o processo era realizado através de usinagem de maquete, molde de fundição e textura química no molde. O Entrevistado 6 relatou um processo mais artesanal: “Era tudo usinado ou muita coisa fundida, era um processo mais artesanal das maquetes, hoje com as impressoras 3D é um processo mais padronizado, melhor e mais rápido”.

Assim como o Entrevistado 2 descreveu o processo, antes da tecnologia, inicialmente como manual e depois segmentado em CAD e CAM. Diante da mesma pergunta, o Entrevistado 1 destacou o uso de textura química nos moldes:

No início, a construção das matrizes era através de maquetes, fazia maquetes em um processo manual (...) para depois essa maquete ser enviada para a fundição para fazer a cópia e a partir disso extrair os modelos para confecção das matrizes. Posteriormente, veio a tecnologia dos CAD's, onde começou a se fazer as maquetes por modelamento 3D e as fresadoras para fazer fresado (ENTREVISTADO 2).

Era realizado através da usinagem de maquetes e fundição do molde, além disso, textura química aplicada no molde. A impressão 3D foi uma inovação. A impressora extinguiu a usinagem e a textura química. Foi uma revolução e um ganho muito grande para a empresa em termos de tecnologia, rapidez e economizando nos gastos (ENTREVISTADO 1).

Com os relatos dos Entrevistados acima foi possível verificar que foi uma inovação no setor a introdução dessa tecnologia de impressão, como salienta Volpato e Carvalho (2018), as empresas buscam alterações em seus processos de desenvolvimento a fim de reduzir tempo e melhorar a qualidade dos produtos. O emprego de novas técnicas, ferramentas e tecnologias está intimamente ligado ao sucesso dessas empresas que precisam identificar a necessidade dos seus clientes e rapidamente desenvolver produtos para atendê-las.

Foi possível evidenciar redução de tempo de processo e facilidades na confecção dos moldes no setor de matrizaria após a utilização das impressoras 3D, mas também alguns desafios na fase de implantação. Apesar de desafiador, o processo também se torna mais simples, como destaca Pereira e Simonetto (2018) já que humanos e máquinas passam a interagir de forma mais simples.

Quando perguntados sobre **como avalia o trabalho no setor de matrizaria, desta empresa, após a inserção das impressoras 3D no processo**, os entrevistados falaram em redução de tempo de processo, maior facilidade e qualidade. O Entrevistado 1 destacou como o uso da impressora 3D tem facilitado o seu trabalho: “O tempo melhorou bastante, facilitou o trabalho. O processo para colocar texturas nas maquetes é simples e rápido depois que se pega a prática. Eu arrumo o modelamento, coloco textura, programa e opero a impressora”.

O relato do Entrevistado 1 permite evidenciar redução no tempo e maior facilidade no trabalho. O Entrevistado 2 salientou a redução de tempo de processo, facilidade no processo e os desafios da implantação:

Facilitou muito o processo (...) Hoje do CAD eu envio direto para a impressora e em 40h eu imprimo uma coleção de 12 pares e não preciso ter acabamento nenhum de maquetaria, só um processo rápido de limpeza com álcool. Nós ganhamos em torno de 3 semanas em tempo de fabricação total de uma coleção de moldes. Tivemos desafios, por ser (...) tecnologia nova, software novo que faz a preparação dos arquivos para a impressora, foi necessário toda uma parametrização (...) a aplicação de texturas foi um desafio bastante grande que levou uns 2 ou 3 meses para conseguir rodar os trabalhos e com maior velocidade (ENTREVISTADO 2).

O relato do Entrevistado 2 permite evidenciar a eliminação dos processos de CAM, usinagem e textura química, hoje os arquivos do CAD são enviados direto para as impressoras 3D. Como Heinen (2021) destaca que a textura é aplicada direto no protótipo feito por impressão 3D e isso se torna especialmente interessante quando o produto é bastante texturizado. O Entrevistado 3 destacou a mudança no processo, a redução do tempo de fabricação e o aumento da dificuldade no CAD:

Após a impressão 3D mudou bastante, agora com texturas deixamos tudo pronto, impressão com textura, então fica bem mais rápida a parte pós montagem da matriz, pois não precisa mandar para a textura química. Reduziu o tempo da textura e da usinagem, diminuindo o tempo de fabricação. Dificultou um pouco o trabalho do CAD, pois precisa deixar o modelamento vedado (sólido) e as malhas certinhas para a impressão, pois vai copiar igual. A usinagem não exigia tantos cuidados, pois não copiava tão perfeitamente (ENTREVISTADO 3).

O relato do Entrevistado 3 mostrou a eliminação dos processos de usinagem e textura do molde, pois a impressão já fica com a textura pronta, Como observa Queiroz (2018) todo modelo impresso tridimensionalmente precisa de uma representação geométrica computacional do objeto a ser materializado, desse modo, o Entrevistado 3 ressalta que o modelo no CAD deve ser mais preciso para a impressão, dificultando um pouco a parte de CAD. Para o mesmo questionamento o Entrevistado 4 relatou a eliminação do processo de usinagem e o aumento do serviço no CAD:

Aumentou um pouco o serviço do CAD, devido ao grau de precisão da impressão, pois copia tal qual. Precisa fazer os raios do modelamento corretos, já na usinagem era feito com a própria ferramenta de usinagem. Mas melhorou a questão do tempo, pois eliminou o processo de usinagem (ENTREVISTADO 4).

O Entrevistado 5 evidenciou a revolução ocorrida com as impressoras 3D no processo: “As impressoras 3D revolucionaram tudo, tempo de molde, desenho bem definido. Os visuais melhoraram em tempo e qualidade. As impressoras vieram para melhorar o processo”.

O Entrevistado 5 observou a redução no tempo de fabricação dos moldes e o detalhamento definido dos desenhos, resultando em ganho de tempo no processo e qualidade do produto, estando de acordo com o que destaca Cruz e Tavares (2020) sobre a adoção dessas tecnologias possibilitarem: um maior controle e assertividade do processo; redução de mão-de-obra; redução de retrabalhos; redução de custos e tempo de fabricação e melhorias na qualidade dos produtos. Assim como o Entrevistado 6 também ressalta a qualidade e a agilidade maior:

O tempo melhorou bastante, como a impressão é mais padronizada acaba ganhando velocidade na hora de fazer os moldes porque você tem uma qualidade e um padrão maior para deixar o molde finalizado. Antes era mais demorado porque envolvia processos manuais, um tempo de usinagem maior. A impressão dá mais agilidade (ENTREVISTADO 6).

O relato do Entrevistado 6 fala sobre a padronização que a impressão 3D possibilita resultando em maior velocidade e qualidade de fabricação do molde, eliminando processos manuais e o processo de usinagem. Segundo Zapparoli (2019) hoje temos uma rápida capacidade de prototipagem dos mais variados graus de complexidade, por meio da impressão 3D e isso representa uma revolução da indústria, pois antes, para obter um protótipo era necessário um molde de produção, construído a partir de peças produzidas manualmente.

Quando questionados **se foram necessários treinamentos específicos após a inserção das impressoras 3D no processo produtivo**, os Entrevistados 1, 2 e 3 receberam treinamento para operar e programar as impressoras 3D, os demais Entrevistados responsáveis pelo CAD não receberam treinamento. Segundo o Entrevistado 2 foi um treinamento bastante básico:

Um colega nosso foi para a China, no fornecedor da impressora, onde fez um treinamento prévio, com conhecimento básico e nos repassou. Também com a compra da primeira impressora veio um técnico da China para instalar a impressora e dar uma orientação de como preparar os arquivos. Foi um treinamento muito básico (...) (ENTREVISTADO 2).

De acordo com o relato do Entrevistado 2 é possível verificar que não são necessários muitos treinamentos para a adoção da tecnologia de impressão 3D. Apenas treinamento específico para programação e operação. Volpato e Carvalho (2018) salientam a necessidade de a impressora ser configurada adequadamente, a sincronização entre software e hardware ser garantida, abastecida com os materiais necessários e sua manutenção deve estar em dia.

Quando **perguntados sobre o que você acredita que ainda pode ser melhorado em termos de tecnologia neste setor**, os entrevistados destacam os tipos de resinas, impressão de produto final e impressão em metal do molde. O Entrevistado 1 observou a possibilidade de resinas de impressão diferentes:

Ter mais tipos de resinas específicas para cada tipo de situação. (...) então a gente pode fazer praticamente a peça final, sem ter a matriz. A evolução tem que ser química, pois a evolução mecânica, de hardware e software está muito boa (ENTREVISTADO 1).

O relato do Entrevistado 1 evidenciou a necessidade da evolução em termos de resinas de impressão. Já o Entrevistado 2 destacou a impressão de produto como algo a ser buscado:

Pode melhorar muito (...) para conseguir imprimir peças em TPU, por exemplo, que tenha a mesma característica que temos na injetora. A ideia seria imprimir o produto, eliminando toda essa parte de matrizaria. Ter em 5 dias um calçados pronto para colocar no pé. Reduzindo muitos custos e ganhando em velocidade (ENTREVISTADO 2).

Os Entrevistados 3 e 4 salientaram a impressão de molde em aço como uma tecnologia a ser melhorada, ao invés de imprimir maquete para fundir o molde. O Entrevistado 5 sugeriu a implantação de mais impressoras no setor e acompanhar o mercado, ficando atento às novidades do mesmo. Já o Entrevistado 6 sugeriu, além de impressão em metal, melhorar tecnologias em ferramental para usinagem:

Impressão em metal que já existe no mercado mas ainda está muito incipiente, isto é, imprimir o molde em alumínio ou aço. Mais tecnologia em ferramental para os CNC's, softwares de aferição e acoplagem de ferramentas melhor. Inovação no processo de usinagem (ENTREVISTADO 6).

Com os relatos dos entrevistados podemos entender que existe a preocupação constante em buscar inovação e tecnologia no setor, estando de acordo com os aspectos da Indústria 4.0, que segundo Moraes, Glória Júnior e Moraes (2022) a capacidade de se adaptar às mudanças, a prevenção de erros e a auto-configuração são conquistados pela conexão entre ambiente de trabalho, sensores, máquinas e sistemas de TI, determinando maior eficiência e diminuição nos custos do processo.

Quando perguntados **como a utilização de impressoras 3D pode melhorar o processo produtivo no setor calçadista**, os entrevistados evidenciaram as melhorias no processo em tempo, qualidade, e redução de custos. O Entrevistado 1 destacou a redução dos custos: “Na minha opinião, pode ajudar melhorando o processo de desenvolvimento em qualidade, rapidez e redução dos custos”.

O Entrevistado 2 destacou a melhoria na qualidade e agilidade: “(...) A melhor qualidade e agilidade na aquisição de matrizes adquiridas através do processo de fundição por maquetes, permite início de produção num prazo menor e com peças de melhor qualidade”.

O Entrevistado 4 relatou ganhos em velocidade: “Ganhos em velocidade e custo de processo. Produto final em menor tempo. Visuais para aprovação de designer em menos tempo”.

O Entrevistado 6 destacou que quando for possível a impressão do produto final os ganhos serão ainda maiores:

Quando tiverem o domínio maior de impressão de um produto final, pode ser um ganho grande, se imprimir mais rápido com uma qualidade melhor do produto final você acaba tirando toda a dependência de molde e de outros processos envolvidos (ENTREVISTADO 6).

Conforme os entrevistados é possível melhorar o setor calçadista com o emprego de impressoras 3D no processo. Segundo a publicação feita no site da ABICALÇADOS (2023), as importações de calçados, atualmente, ainda são altas, o que causa preocupação para a indústria nacional, sendo o investimento em máquinas, tecnologia e inovação de suma importância para a solidificação das indústrias de calçados no mercado.

Finalmente, quando questionados se **tem algo que não foi perguntado e você gostaria de destacar sobre a utilização da impressora 3D**, neste setor, os entrevistados destacaram novamente a evolução de impressão em aço, impressão de produto final, a melhoria em resinas também para produto final. Além disso, o Entrevistado 5 apontou a possibilidade de impressão de qualquer tipo de peças:

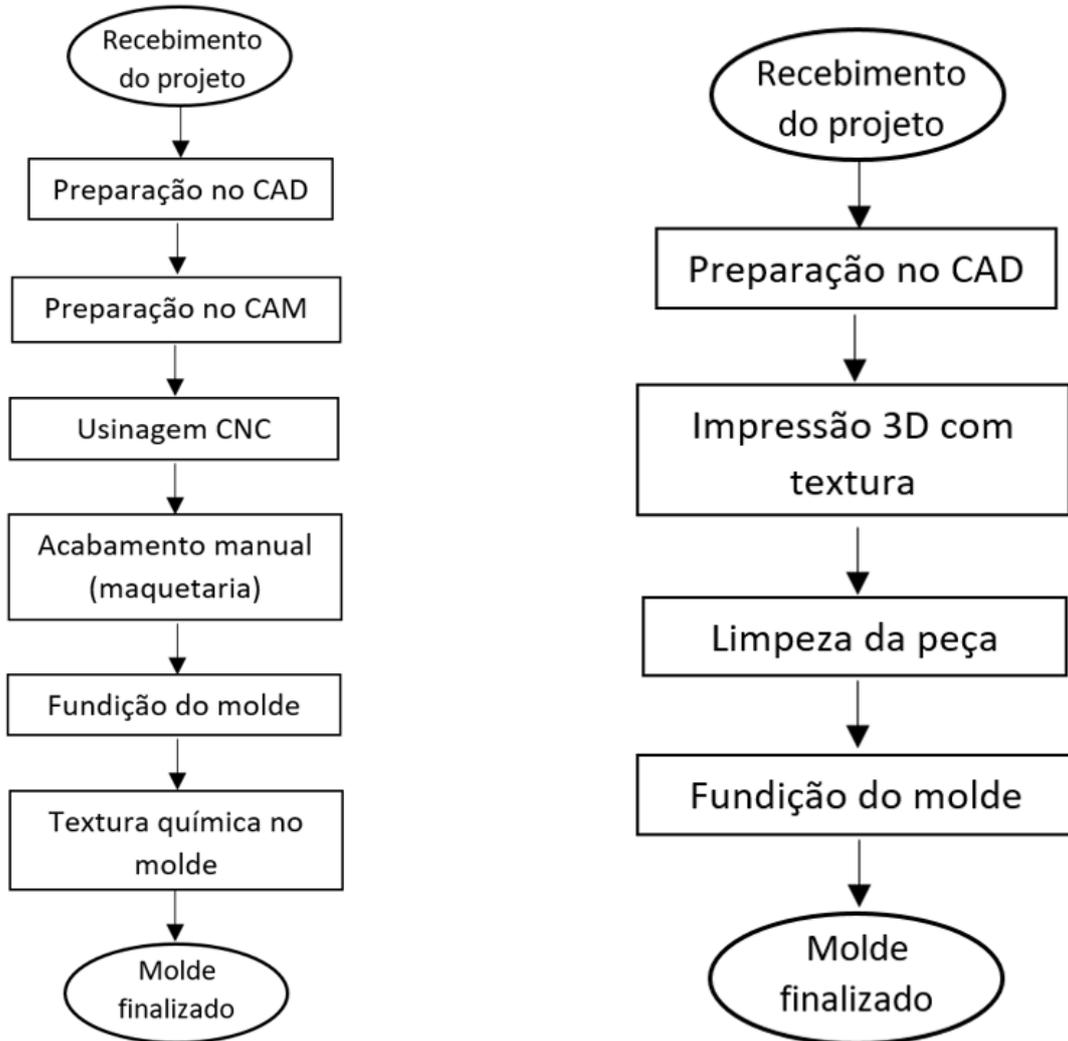
Aqui imprimimos maquetes e qualquer peça, até mesmo de manutenção, imprimimos uma peça de uma máquina utilizada para molhar o telhado, peça para máquina de refrigeração da água no setor do EVA. Antes era necessário fazer um modelo para fundir a peça e mandar para fora, hoje você desenha a peça e já sai com ela impressa. Tem vários tipos de resinas que dá para imprimir qualquer peça. Ainda tem a impressora que imprime o molde em aço, que a empresa está analisando e testando (ENTREVISTADO 5).

O Entrevistado 6 ressaltou a impressão de peças para teste: “Utilizamos muito a impressora para fazer peças de teste para ganhar tempo, antigamente para fazer uma peça de teste era necessário fazer um molde ou fazer uma maquete em borracha, hoje conseguimos fazer impresso”.

De acordo com o que os entrevistados destacaram, ainda é possível evoluir e melhorar as impressões 3D para o ramo calçadista. E além disso sua utilização para outros tipos de peças se torna útil também, estando de acordo com Volpato e Carvalho (2018), que citam que a impressão 3D possibilita a materialização de diversos tipos de objetos, propiciando benefícios e facilidades para as empresas.

Abaixo apresenta-se uma imagem dos fluxogramas dos processos antes e depois da implantação das impressoras 3D:

Imagem 1 - fluxograma antes e depois da implantação das impressoras 3D



Fonte: elaborado pela autora (2024).

As entrevistas comprovaram que o processo da indústria calçadista se transformou de um nível de desenvolvimento extremamente manual para processos mais tecnológicos ao longo dos anos, acompanhando as revoluções industriais e as consequências da concorrência e abertura de mercado. Essas transformações tecnológicas propiciaram a permanência e solidificação da empresa em um ambiente bastante competitivo. A implantação da impressão 3D veio para agregar em qualidade, redução de tempo e custos de desenvolvimento. O resultado, das entrevistas, também mostra a importância da inovação e introdução de novas tecnologias nos processos de fabricação, sendo interessante para a empresa que conseguiu obter os propósitos almejados e também para seus colaboradores que estão inseridos em um ambiente em constante evolução.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As impressoras 3D surgiram em meio aos grandes avanços tecnológicos das últimas décadas e revolucionaram as formas de fabricação. Algumas empresas do setor calçadista passaram a utilizar esse recurso em seu processo de desenvolvimento e produção. Atualmente existem diversos modelos de impressoras disponíveis no mercado e variados tipos de materiais para impressão. Assim, a escolha deve ser feita de acordo com os propósitos definidos pela empresa.

No estudo de caso proposto neste artigo a empresa adquiriu três impressoras para a área de CAD/CAM do setor de matrizaria, a fim de eliminar processos de CAM, usinagem, acabamento e texturização, reduzindo tempo no processo e obtendo um acabamento melhor dos protótipos utilizados para os moldes. A adoção dessa tecnologia proporcionou uma maior redução de retrabalhos, mão de obra, tempo e custos.

As maquetes que antes eram usinadas na máquina CNC e passavam por um processo manual de acabamento para depois serem utilizadas no molde de fundição, agora já saem prontas da impressora 3D, até mesmo com a textura do solado que antes era feito de forma química direto no molde. Se ganhou em termos de qualidade do molde e conseqüentemente qualidade de produto final, pois a impressão possibilita peças mais padronizadas e fiéis ao desenho 3D definido pelo CAD.

Além disso, pode-se destacar as mudanças humanas ocorridas no processo de implantação da tecnologia de impressão 3D, desafiando os colaboradores a se adaptarem ao novo formato de trabalho que eliminou algumas etapas das atividades. Foram necessários apenas treinamentos básicos e específicos, principalmente aos programadores e operadores das impressoras. Ainda há muito para evoluir em termos de tecnologias de impressão, tanto em tipos de materiais para as maquetes como na impressão do molde em metal e também na possibilidade da impressão do produto final.

Todavia, analisando as entrevistas desta pesquisa é possível concluir que a impressão 3D trouxe muitas vantagens para a empresa em estudo. Existiram alguns desafios na implantação, mas como em qualquer outra adaptação de processo, com pouca relevância. A empresa ganhou em tempo de processo, assertividade, qualidade de molde e de produto final e principalmente nos custos de fabricação dos moldes. Reduziu serviços manuais e retrabalhos. A adoção da tecnologia de impressão 3D representou uma revolução para a empresa e afetou de forma muito positiva o processo produtivo desta organização. O investimento em máquinas de impressão 3D trouxe grandes benefícios para a empresa e também para seus colaboradores que estão inseridos em um ambiente tecnológico sendo de extrema importância para acompanhar as transformações e inovações e se manter competitivo no mercado.

Com esse estudo de caso foi possível comprovar e registrar os efeitos positivos da implantação da tecnologia de impressão 3D no setor de matrizaria da empresa, servindo como forma de informação e parâmetro para outras organizações do setor calçadista.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABICALÇADOS. Associação Brasileira das Indústrias de Calçados. **Informações**. 2023. Disponível em: <https://abicalcados.com.br/publicacoes>. Acesso em: 12 set. 2023.

BATISTA, Francisco Pedro; MELLO, Ediméia Maria Ribeiro de. O percurso da industrialização calçadista. Impactos sobre a pequena indústria tradicional e o sapateiro artesão. Relato de um participante. **Revista Tecer**, v. 14, n. 28, 2022. <https://www.metodista.br/revistas-izabela/index.php/tec/article/view/2455>. Acesso em: 06 set. 2023.

BARGO; Matheus da Rosa Rodrigues; MENDES, Raul Ferreira Máximo dos Santos. **A Revolução Industrial Brasileira**. 2022. 33f. Monografia (Graduação em Administração de Empresas) - Universidade de Taubaté, Taubaté, 2022. Disponível em: <http://repositorio.unitau.br/jspui/bitstream/20.500.11874/6028/1/a%20revolucao%20industrial%20brasileira.pdf>. Acesso em: 12 set. 2023.

CALIXTO, Cyntia vilasboas. **Estratégias de Internacionalização das Empresas Calçadistas Brasileiras**. 2013. 139f. Unidade acadêmica de pesquisa e pós-graduação - Programa de pós-graduação em administração - Unisinos, São Leopoldo-RS, 2013. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/4675?locale-attribute=es>. Acesso em: 30 maio 2023.

COLANTUONO, Aline Correia de Souza; SOUZA, Naina Correia de. A Indústria Calçadista no Âmbito das Cadeias Produtivas Globais. **ReFAE – Revista da Faculdade de Administração e Economia**, v. 9, n. 1, p. 15-41, 2018.

CRUZ, Francisco Bruno Juvino da; TAVARES, Frederico Romel Maia. **Análise das Principais Tecnologias da Indústria 4.0 usadas no setor calçadista**. 2020. Disponível em: http://siseventos.urca.br/assets/pdf/sub_trabalhos/251-797-1298-992-vc-2020-11-22-19-14-04.pdf. Acesso em: 12 set. 2023.

GIL, Antonio Carlos *et al.* **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GORNI, Antonio A. **Introdução à prototipagem rápida e seus processos**. 2001. Disponível em: <https://bit.ly/2zfG1sP>. Acesso em: 05 set. 2020.

HEINEN, Douglas Ricardo. **Uso da manufatura aditiva na otimização do processo de fabricação de moldes de alumínio fundido em uma empresa do ramo calçadista**. 2021. 120f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, São Leopoldo, 2021. Disponível em: <http://repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/unisinos/11627/douglas%20ricardo%20heinen.pdf?sequence=1&isallowed=y>. Acesso em: 12 set. 2023.

LUNETTA, Avaetê de; GUERRA, Rodrigues. Metodologia da pesquisa científica e acadêmica. **Revista OWL (OWL Journal)**, Revista Interdisciplinar de Ensino e Educação, v. 1, n. 2, p. 149-159, 2023. Disponível em: <https://revistaowl.com.br/index.php/owl/article/view/48/53>. Acesso em: 13 set. 2023.

MENIN, Rafaela. **Como a impressão 3D facilita a nossa vida?**. 2022. Disponível em: https://www.ifsc.edu.br/post-ifsc-verifica/-/asset_publisher/uII70Nv266Xk/content/id/13259109/como-a-impress%C3%A3o-3d-facilita-a-nossa-vida. Acesso em: 04 ago. 2023.

MORAIS, Marcos de Oliveira; GLÓRIA JÚNIOR, Irapuan; MORAIS, Gabriel Alves. A Utilização das Impressoras 3D nos Principais Segmentos Setoriais. **Journal of Technology & Information (JTnI)**, v. 2, n. 4, 2022. Disponível em: <http://www.jtni.com.br/index.php/JTnI/article/view/63/59>. Acesso em: 05 set. 2023.

MORANDINI, Moisés Miranda; VECHIO, Gustavo Henrique Del. Impressão 3D, Tipos e Possibilidades: uma revisão de suas características, processos, usos e tendências. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 2, p. 67-77, 2020. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/866/523>. Acesso em: 12 set. 2023.

MOURA, Bruna Mariana Oliveira dos Santos. **Nos Passos do Capitalismo: Estratégias de Reestruturação Produtiva da Indústria Calçadista no Nordeste Brasileiro**. Dissertação (Serviço Social) - Programa de Pós-Graduação em Serviço Social (PROSS) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão – SE, 2020. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/14030/2/bruna_mariana_oliveira_santos_moura.pdf. Acesso em: 06 set. 2023

PEREIRA JÚNIOR, Edilson; SAMPAIO, José Eudázio Honório. Convergências e contradições do novo mapa da indústria de Calçados no Brasil. **Entre-Lugar**, v. 11, n. 21, p. 75-100, 2020. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/12049/5738>. Acesso em: 05 set. 2023.

PEREIRA, Adriano; SIMONETTO, Eugênio de Oliveira. Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, 2018. Disponível em: <http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/4938>. Acesso em: 17 dez. 2023.

POSSEBON, Michel. **Rio Grande do Sul é o maior empregador do setor calçadista brasileiro**. Exclusivo - Grupo Sinos. 2023. Disponível em: https://exclusivo.com.br/_conteudo/negocios/2023/02/09/rio-grande-do-sul-e-o-maior-empregador-do-setor-calcadista-brasileiro.html. Acesso em: 30 maio 2023.

QUEIROZ, José Henrique Maciel de. **Aplicação de impressões 3d como recurso didático para o ensino do componente curricular estruturas de aço na UFERSA-CMPF**. 2018. 75f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte/RN, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/4722/1/Jos%c3%a9%20HenriqueMQ_MONO.pdf. Acesso em: 05 set. 2023.

SAKURAI, Ruudi; ZUCHI, Jederson Donizete. As revoluções industriais até a indústria 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 480-491, 2018. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/386/335>. Acesso em: 17 dez. 2023.

SANTOS, Alexa Fagundes dos; JESUS, Gabrieli Guterres de; BATTISTI, Isabel Koltermann. **Entrevista semi-estruturada: considerações sobre esse instrumento na produção de dados em pesquisas com abordagem qualitativa.** UniJuí. 2021. Disponível em: <https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaoconhecimento/article/view/20805>. Acesso em: 31 maio 2023.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial.** São Paulo: Edipro, 2019.

SENA, Iago Benicio. **Utilizando a Manufatura aditiva como recurso de apoio dentro da sala de aula:** uma aplicação no Curso Técnico de Agropecuária. Graduação (Tecnologia em Sistemas para Internet) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Salgueiro, 2022. Disponível em: <https://releia.ifsertao-pe.edu.br/jspui/bitstream/123456789/749/1/TCC%20-%20UTILIZANDO%20A%20MANUFATURAADITIVA%20COMO%20RECURSO%20DE%20APOIO.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2024.

VOLPATO, Neri; CARVALHO, Jonas de. Introdução à manufatura aditiva ou impressão 3D. *In:* VOLPATO, Neri. **Manufatura Aditiva – Tecnologias e aplicações 3D.** São Paulo: Blucher, 2017. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ni9dDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA15&dq=impress%C3%A3o+3d+&ots=JqaIgxAwXK&sig=dU6yQR3-JHPSoab-VHnnEKzdZFA#v=onepage&q=impress%C3%A3o%203d&f=false>. Acesso em: 04 ago. 2023.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZAPAROLLI, Domingos. O avanço da impressão 3D. **Revista de Pesquisa FAPESP**, 276 ed., p. 60-65, fev. 2019.