



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS

CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

VALÉRIA MARTINS OLIVEIRA DA SILVA

**ANÁLISE DAS PRÁTICAS LEAN NAS OPERAÇÕES DE USINAS
FOTOVOLTAICAS**

ANGICOS

2023

VALÉRIA MARTINS OLIVEIRA DA SILVA

**ANÁLISE DAS PRÁTICAS LEAN NAS OPERAÇÕES DE USINAS
FOTOVOLTAICAS**

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

Orientadora: Samira Yusef Araújo de Falani Bezerra, Profa. Dra.

Co-orientadora: Natália Veloso Caldas de Vasconcelos, Profa. Dra.

ANGICOS

2023

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

SS586 Silva, Valéria Martins Oliveira da Silva.
a Análise das Práticas Lean nas Operações de
Usinas Fotovoltaicas / Valéria Martins Oliveira
da Silva Silva. - 2023.
44 f. : il.

Orientadora: Samira Yusef Araújo de Falani
Bezerra Bezerra.

Coorientadora: Natália Veloso Caldas de
Vasconcelos Vasconcelos.

Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de , 2023.

1. Lean. 2. Usina Fotovoltaica. 3. Construção.
4. Operações. 5. Energia Solar. I. Bezerra, Samira
Yusef Araújo de Falani Bezerra, orient. II.
Vasconcelos, Natália Veloso Caldas de
Vasconcelos, co-orient. III. Título.

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

Biblioteca Campus Angicos

Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte

CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

VALÉRIA MARTINS OLIVEIRA DA SILVA

**ANÁLISE DAS PRÁTICAS LEAN NAS OPERAÇÕES DE USINAS
FOTOVOLTAICAS**

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

Defendida em: 14 / 10 / 2023.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **SAMIRA YUSEF ARAUJO DE FALANI BEZERRA**
Data: 15/10/2023 12:59:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Samira Yusef Araújo de Falani Bezerra, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Documento assinado digitalmente
 **LUCIANA TORRES CORREIA DE MELLO**
Data: 15/10/2023 11:22:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Luciana Torres Correia de Mello, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 **THYAGO DE MELO DUARTE BORGES**
Data: 16/10/2023 07:51:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Thyago de Melo Duarte Borges, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Aos meus pais Marli e Jailson pelo incentivo e apoio desde sempre.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por permitir que tudo isso se tornasse possível e por me conceder força e perseverança necessária para superar todas as dificuldades encontradas ao longo desta trajetória acadêmica.

Agradeço à minha família, em especial aos meus pais Marli e Jailson e a minha irmã Wanessa, pelo constante apoio, incentivo e amor incondicional durante todo o período de estudo. Por não me deixarem desistir e serem o motivo principal para finalizar esse ciclo tão importante em minha vida.

Agradeço à minha Orientadora, Samira Yusef pela orientação precisa, pelo tempo dedicado, pelos ensinamentos valiosos e pelo apoio contínuo ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço à minha co-orientadora, Natália Veloso por todo o suporte na finalização do meu trabalho.

Agradeço a Banca Examinadora composta pela professora Luciana Mello e Thyago Borges pela avaliação, pelos comentários construtivos e pela contribuição decisiva para o aprimoramento deste trabalho.

Agradeço aos meus amigos da ProJr Consultoria em especial a direx, aos colegas do Centro Acadêmico, em especial a minha amiga Isadora por tornar essa jornada mais leve, e ao meu amigo Willon por todo suporte na construção deste trabalho.

Agradeço a Bia, Dandara, Felipe, Márcio, Thayane, Sayonara, Eduarda, Israele, Camila e tantos outros que me acompanharam nesse ciclo e foram tão bons para mim, em diversas formas.

Cada um desses agradecimentos representam um pilar importante que sustentou este trabalho, direta e indiretamente, e sem o apoio e contribuição de todos, este trabalho não seria possível.

A vida requer coragem. Coragem para ir buscar, coragem para não desistir e especialmente coragem para não ser medíocre. A vida é muito curta para sermos pequenos.

Mário Sérgio Cortella

RESUMO

A filosofia *lean*, ou pensamento enxuto, tem como finalidade otimizar os processos e entregar um produto final de qualidade, por meio da organização, planejamento e controle. Para isso, este trabalho apresenta a temática referente à aplicação dos princípios *lean* nas operações de usinas fotovoltaicas, com foco na identificação de práticas para redução de desperdícios e otimização de processos. Os objetivos abordados incluem a análise do impacto do uso de práticas *lean* na construção e operação das usinas fotovoltaicas, a comparação entre usinas que utilizam os princípios *lean*, as que não utilizam, por fim a proposta de melhorias por meio de ferramentas que facilitem a implantação do *lean* na construção e operações de usinas fotovoltaicas. A justificativa para este estudo consiste na necessidade de mitigar custos elevados e minimizar o desperdício de materiais associados à ausência do *lean*, apresentando benefícios operacionais, econômicos e ambientais. A metodologia adotada descreve as etapas de pesquisa, coleta e análise de dados, resultando em um estudo de caso realizado em duas usinas localizadas nos municípios de Areia Branca e Assu. Os resultados e discussões apresentam as características e práticas *lean* nas usinas, identificando oportunidades de melhoria. Conclui-se pela eficácia do *lean* na otimização das usinas, ressaltando a necessidade de sua aplicação completa para redução de desperdícios e promoção de um setor de energias renováveis mais eficiente e sustentável, revelando conclusões e destacando recomendações futuras.

Palavras-chave: *Lean*. Usina fotovoltaica. Construção. Operações. Energia Solar.

ABSTRACT

The lean philosophy, or lean thinking, aims to optimize processes and deliver a quality final product through organization, planning, and control. With this, this paper presents the theme related to the application of lean principles in the operations of photovoltaic plants, focusing on the identification of practices for waste reduction and process optimization. The objectives covered include the analysis of the impact of the use of lean practices in the construction and operation of photovoltaic plants, the comparison between plants that use lean principles, those that do not, and finally the proposal of improvements through tools that facilitate the implementation of lean in the construction and operations of photovoltaic plants. The justification for this study is the need to mitigate high costs and minimize the waste of materials associated with the absence of lean, presenting operational, economic and environmental benefits. The methodology adopted describes the stages of research, data collection and analysis, resulting in a case study carried out in two plants located in the municipalities of Areia Branca and Assu. The results and discussions present the characteristics and lean practices in the plants, identifying opportunities for improvement. It concludes by the effectiveness of lean in the optimization of plants, emphasizing the need for its complete application to reduce waste and promote a more efficient and sustainable renewable energy sector, revealing conclusions and highlighting future recommendations.

Keywords: Lean. Photovoltaic plant. Construction. Operations. Solar energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Capacidade Instalada de Geração Solar Fotovoltaica no Brasil.....	2
Figura 2	–	Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil.....	3
Figura 3	–	Estrutura do trabalho.....	7
Figura 4	–	Fluxograma das Etapas de Planejamento.....	8
Figura 5	–	A casa do STP.....	10
Figura 6	–	Sistema típico de energia solar fotovoltaica.....	16
Figura 7	–	Classificação da pesquisa.....	18
Figura 8	–	Etapas do procedimento da pesquisa.....	20
Figura 9	–	Localização da usina FV A	22
Figura10	–	Localização da e usina FV B	23

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	– Métodos construtivos da parte civil	13
Quadro 2	– Identificação das práticas <i>lean</i>	26
Quadro 3	– Sugestão de ferramentas para a melhoria dos processos.....	29
Quadro 4	– Descrição dos custos envolvidos.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Bel	Bacharel
Dr	Doutor
Esp	Especialista
GD	Geração Distribuída
GC	Geração Centralizada
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
UFV	Usina Solar Fotovoltaica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Contextualização do Tema	1
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo Geral	4
1.2.2 Objetivos Específicos	4
1.3. Problema	4
1.4. Justificativa	5
1.5 Estrutura do Trabalho	6
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
2.1 Lean	8
2.1.1 Práticas do <i>lean</i>	9
2.2 Usinas Fotovoltaicas	12
2.2.1 Parâmetro em relação a construção e operação	13
3 METODOLOGIA	17
3.1 Classificação da pesquisa	17
3.2 Procedimento da pesquisa	18
3.3 Instrumentos de coleta de dados	20
3.4 Coleta e análise dos dados	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA PESQUISA	22
4.1 Caracterização do local de estudo	22
4.2 Análise das práticas <i>lean</i>	26
4.4 Propostas de melhorias para os problemas identificados	28
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo traz uma breve contextualização sobre o *lean*, bem como sobre os parques de energia solar e seu potencial no estado do Rio Grande do Norte. Além disso, este capítulo apresenta os objetivos, problema, justificativa e finaliza apresentando a estrutura de como o trabalho está organizado.

1.1 Contextualização do Tema

O *lean*, ou pensamento enxuto, tem como finalidade otimizar os processos e entregar um produto final de qualidade, por meio da organização, planejamento e controle. A abordagem do *lean* inclui ainda a aplicação dos princípios do pensamento *clean* no ambiente de construção e operação, que engloba desde a gestão da produção até a finalização do projeto.

De acordo com Dennis (2011), a produção *lean*, também conhecida como Sistema Toyota de Produção, busca atingir os resultados utilizando menos recursos, menos tempo, menos espaço, menos esforço humano, menos maquinaria, menos material, e ao mesmo tempo, oferecendo aos clientes aquilo que eles esperam e desejam. O *lean* é um método vantajoso para as empresas, pois além de aumentar a margem de lucro, ele contribui no campo da sustentabilidade da empresa, tendo em vista que é uma iniciativa sustentável.

Para tal afirmação Souza e Bornia (2021) explicam o crescimento da preocupação da métrica *lean* com a sustentabilidade, pois, além de abranger questões de melhoria no processo, envolve benefícios ambientais. O mesmo autor destaca, a importância da implementação e a gestão dos custos ambientais nas atividades *lean* para poder medir os valores envolvidos em todos os processos e colaborar com a tomada de decisão.

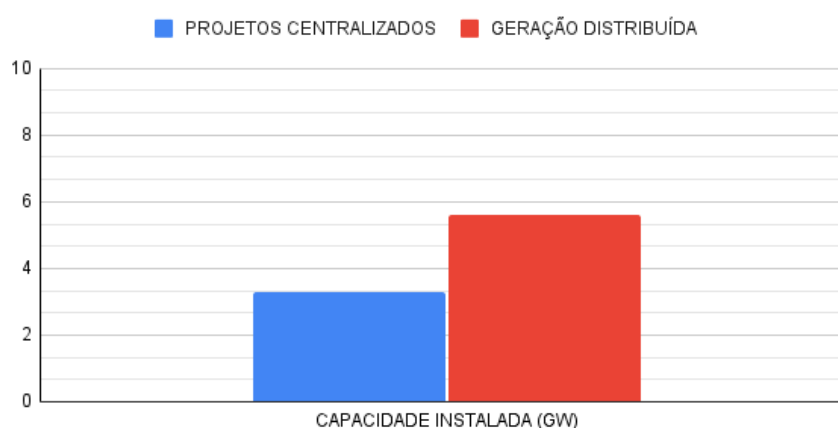
Womack e Jones (2004) definem o STP como uma filosofia de gestão que procura aprimorar a gestão da empresa de forma a atender as necessidades do cliente no menor prazo possível, com alta qualidade e ao menor custo, ao mesmo tempo em que potencializa a segurança e a motivação de seus colaboradores, envolvendo e integrando não só a manufatura, mas todas as partes da organização.

Em empresas de alguns segmentos específicos, o STP pode ser implantado porque necessitam de maior controle em seus processos. Como por exemplo, os parques solares, que são um complexo de placas solares, que possui uma alta capacidade de geração de energia limpa, potencialmente falando, onde, é projetado para uma alta produção de energia elétrica, a fim de distribuir essa energia posteriormente aos consumidores. Os parques solares podem ser construídos em uma área remota ou próxima ao local de consumo. Segundo dados da Agência

Nacional de Energia Elétrica ANEEL (2021), o Brasil possui cerca de 670 unidades consumidoras com geração própria de energia a partir da fonte solar.

A capacidade instalada de geração solar fotovoltaica no Brasil corresponde a 8,9 GW, sendo 3,3 GW em projetos centralizados que são gerados nas usinas e 5,6 GW em geração distribuída, que são geradas no próprio local de consumo, com isso há uma redução na necessidade de transmissão de longa distância, de acordo com a Aneel (2021). A figura 01 ilustra de maneira gráfica os resultados em questão.

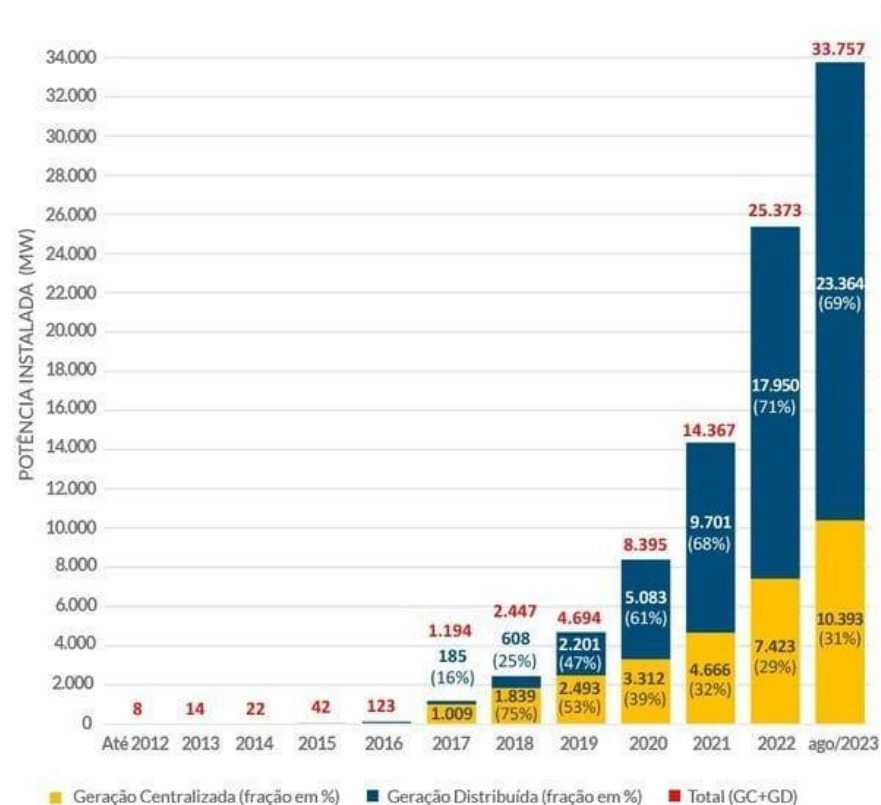
Figura 1: Capacidade Instalada de Geração Solar Fotovoltaica no Brasil (2021)



Fonte: Autoria própria

O Nordeste sedia 70,7% dos projetos fotovoltaicos centralizados e 18,9% da geração fotovoltaica distribuída no País (BEZERRA, 2021). Os projetos fotovoltaicos centralizados envolvem a geração de energia nas usinas, enquanto a geração fotovoltaica distribuída se refere a energia fornecida às casas dos consumidores por meio de painéis instalados em seus telhados.

Mensalmente, a Associação Brasileira de Energia Solar analisa e consolida informações do setor, elaborando um infográfico que representa a situação atual da energia solar fotovoltaica no Brasil (ABSOLAR, 2023). A figura 2 exibe o infográfico mais recente, destacando a constante evolução desse segmento renovável no país.

Figura 2: Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil

Fonte: ANEEL/ABSOLAR (2023)

De acordo com dados da (Aneel, 2022) Agência Nacional de Energia Elétrica, o Brasil conta hoje com aproximadamente 4.300 unidades de usinas fotovoltaicas operando em potência de aproximadamente 3,84 GW. Além dessas unidades, existem também algumas que estão em construção e mais de 500 projetos de usinas solares fotovoltaicas que não foram iniciadas, totalizando 24,8 GW.

As conexões de energia solar distribuídas no Rio Grande do Norte cresceram em 2022 mais que a média do nordeste e do Brasil, segundo dados da Associação Potiguar de Energia Renováveis (APER-RN, 2022). De acordo com o levantamento, o crescimento em comparação com 2021 foi de 107,9% no RN, 96,7% no Nordeste e 84,8% no Brasil. Em 2022, segundo dados da APER-RN (2022), o estado atingiu pela primeira vez a marca de pelo menos uma usina nos 167 municípios do Rio Grande do Norte.

1.2 Objetivos

O presente trabalho foi desenvolvido no intuito de alcançar os seguintes objetivos:

1.2.1 Objetivo Geral

Identificar a utilização dos princípios do *lean*, relacionado à operação e construção de usinas fotovoltaicas, a fim de sugerir melhorias.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral, alguns específicos são necessários, são eles:

- Identificar os impactos da implantação do *lean* durante a etapa de construção até a etapa de operação de duas usinas fotovoltaicas;
- Realizar um comparativo entre usinas fotovoltaicas que utilizam o *lean* desde a construção com usinas fotovoltaicas que não utilizam;
- Propor melhorias que facilitem a implantação do *lean* na construção e operações de usinas fotovoltaicas.

1.3 Problema

Apesar do *lean* ser amplamente reconhecido por sua efetividade na melhoria contínua da produtividade, qualidade do produto e no sistema de entrega aos clientes, as organizações não estão explorando o completo potencial dos conceitos e técnicas inerentes à filosofia *lean* Lasa, Castro e Laburu (2009).

A construção civil gera uma série de desperdícios de recursos, tanto relacionados ao tempo, quanto ao financeiro, e nas construções de parques solares não é diferente. Os parques solares podem acarretar impactos negativos ao meio ambiente desde a fase de implantação do projeto; dentre estes, a aceleração dos processos erosivos, alterações pedológicas locais, ou seja, referem-se a mudanças ou variações que ocorrem no solo em uma área específica ou localizada e, através da necessidade de preparação do terreno, algumas perdas relacionadas à flora (Oliveira *et al.*, 2018).

A ausência de ferramentas adequadas como as do *lean* pode gerar uma série de problemas, entre eles: maior custo na construção; mais tempo na execução; desperdício de matérias, entre outros. Como também, gerar uma série de impactos nas usinas fotovoltaicas operantes após o processo de construção. Então este trabalho pretende responder o seguinte questionamento: quais práticas do *lean* que as usinas fotovoltaicas podem adotar para reduzir desperdícios?

1.4 Justificativa

Diversos fatores têm contribuído para impulsionar o desenvolvimento das energias renováveis, dentre esses o problema do aquecimento global, as consequências do uso desses combustíveis fósseis e a necessidade de diminuir as emissões de dióxido de carbono (CO₂), a partir da introdução de limites impostos pelo Protocolo de Kyoto (Esteban *et al.*, 2011).

Através de ferramentas adequadas, como as do *lean*, seria possível resolver uma série de problemas que se iniciam na construção de usinas fotovoltaicas. Entre esses desafios, destacam-se: questões ambientais, a eliminação de tarefas desnecessárias por meio de métodos mais eficientes, agregar valor à construção, a redução da variabilidade através do planejamento e da organização para lidar com imprevistos, bem como otimização do tempo por meio do aumento da produtividade, entre outros.

É importante observar que todos esses problemas têm um impacto negativo nos processos seguintes, incluindo as operações diárias das empresas. Todas as soluções mencionadas podem ser implementadas por meio do *lean*, e é exatamente por isso que a aplicação dessa abordagem é tão relevante neste trabalho.

Este trabalho pode contribuir de maneira significativa para as usinas em geral, devido a capacidade de replicação das propostas que serão elaboradas. Ao aplicar os princípios do *lean*, que se concentram na eliminação de desperdício, aumento da eficiência e agregação de valor, as usinas podem colher uma série de benefícios específicos. A aplicação eficaz dos princípios *lean* pode resultar em melhorias operacionais, ambientais e econômicas.

Como também pode contribuir para outras empresas que estejam envolvidas no setor de energias renováveis, construção de usinas fotovoltaicas ou em qualquer outro segmento que busque implementar abordagens mais eficientes e sustentáveis. Em suma, este trabalho pode beneficiar outras empresas ao fornecer *insights*, estratégias e soluções para desafios comuns relacionados a eficiência operacional, sustentabilidade e inovação. A disseminação dessas ideias pode impulsionar a melhoria contínua nas demais empresas do mesmo ramo de atuação.

A utilização da energia fotovoltaica em si já contribui com a sustentabilidade. Nesse contexto, a energia fotovoltaica contribui para a redução da emissão de gases do efeito estufa e consome menos água, permitindo reduzir o potencial do aquecimento global, a acidificação dos ecossistemas, a toxicidade humana e o consumo de recursos hídricos (Wang; Fan, 2021).

A aplicação dos princípios *lean* abordados neste trabalho pode contribuir significativamente para a redução de impactos ambientais, alinhamento com metas ambientais e regulatórias e, conseqüentemente, promover a sustentabilidade a longo prazo. Essa

abordagem está alinhada com os (ODS) Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU).

De acordo com Coelho (2023), ainda nesta perspectiva, a ONU estabeleceu em 2015 um plano global para o ano de 2030, com o propósito de promover um mundo melhor para todas as nações e seus habitantes. Esse plano contou com a participação de 193 estados membros, incluindo o Brasil, e é composto por 17 ODS, sendo conhecido como Agenda 2030.

O mesmo autor ressalta que, com o objetivo de garantir um futuro de qualidade e dignidade para toda a humanidade, preservando o equilíbrio ambiental, foram estabelecidas metas de mitigação dos impactos das mudanças climáticas. Estas metas, descritas nos Objetivos 7, 9, 11 e 12, buscam a redução das emissões de gases de efeito estufa. A ODS 7 se concentra em assegurar energia limpa e acessível; a ODS 9 aborda indústria, inovação e infraestrutura; a ODS 11 trata de cidades e comunidades sustentáveis; e a ODS 12 está relacionada ao consumo e produção responsáveis.

1.5 Estrutura do Trabalho

Esta pesquisa está dividida em quatro capítulos, onde o primeiro é composto pela introdução, na qual foram apresentadas a contextualização do tema, objetivos e justificativa, tendo como finalidade apresentar uma descrição geral sobre o tema do trabalho, mostrando a relevância do mesmo e fazendo uma breve contextualização referente a pesquisa.

No segundo capítulo, a fundamentação teórica, foram abordadas conceituações referentes ao *lean*, as práticas do *lean*, *lean construction*, usinas fotovoltaicas e os parâmetros em relação à construção e operação. Este capítulo traz as teorias e contribuições de outros autores para o trabalho. Para a construção dessa fundamentação foi necessária a realização de pesquisas bibliográficas.

O terceiro capítulo é composto pela metodologia, nele a pesquisa será caracterizada, como também serão abordados os procedimentos necessários para a sua realização, tendo como função esclarecer o que se pretende desenvolver durante o trabalho, que vai do material teórico até os futuros resultados a serem alcançados por meio da pesquisa.

O quarto capítulo apresenta os resultados e discussões, que foi desenvolvido por meio de visitas *in loco*. Durante essas visitas, foi utilizado um roteiro para orientar as perguntas e um *checklist* para avaliar as ferramentas que as empresas possuíam para obter a melhoria contínua em seus processos.

O quinto capítulo, as considerações finais, resume e integra os resultados obtidos, propondo sugestões para melhorar as práticas nas usinas fotovoltaicas baseado nas análises do quarto capítulo, visando promover melhorias, encerrando o estudo de forma direcionada para futuras pesquisas. A estrutura completa deste trabalho pode ser visualizada na Figura 3.

Figura 3: Estrutura do trabalho



Fonte: autoria própria.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo traz um embasamento dos aspectos teóricos referentes ao *lean*, aos parques de energia solar e seu potencial no estado do Rio Grande do Norte, bem como sua relevância para este trabalho. Que por sua vez se dá por meio da aplicação do *lean* na construção e operação dos parques solares, a fim de desenvolver um comparativo entre os parques que utilizam essa ferramenta e os que não a utilizam.

2.1 Lean

O Sistema de produção enxuta, ou *Lean*, originado no Japão nas fábricas da Toyota na década de 1950, foi desenvolvido como uma filosofia de gestão que busca a otimização de processos, redução de desperdícios e melhoria contínua. Influenciado pelas ideias de Taiichi Ohno e Shigeo Shingo, o *Lean* se baseia na eliminação de atividades que não agregam valor, como estoques excessivos e tempos de espera, visando aumentar a eficiência, qualidade e produtividade. Ao longo das décadas, o *Lean* se expandiu além da indústria automotiva, sendo adotado em diversas áreas, como saúde e serviços, promovendo uma abordagem mais enxuta e eficaz na gestão e produção (Womack; Jones, 2003).

A essência da filosofia enxuta é a eliminação de todo o desperdício; melhoria contínua (*kaizen*); produzir de acordo com a demanda do cliente, e garantir a qualidade detectando defeitos e interrompendo a produção até que as causas sejam encontradas e corrigidas, proporcionando assim atividades de valor agregado (Liker, 2005).

Em suma, o *lean* se refere a uma filosofia que se insere na cultura organizacional da empresa, tendo como finalidade identificar oportunidades para enxugar os desperdícios e atingir resultados cada vez melhores. O *lean* possui cinco princípios chaves que estão descritos no fluxograma, que pode ser visto na Figura 4.

Figura 4: Fluxograma das etapas de planejamento



Fonte: Autoria própria

De acordo com Womack e Jones (2004), Pinto (2009), Shingo (1996), os princípios que devem ser seguidos pela empresa de forma a garantir a eficácia do *lean*, são estes abaixo, onde:

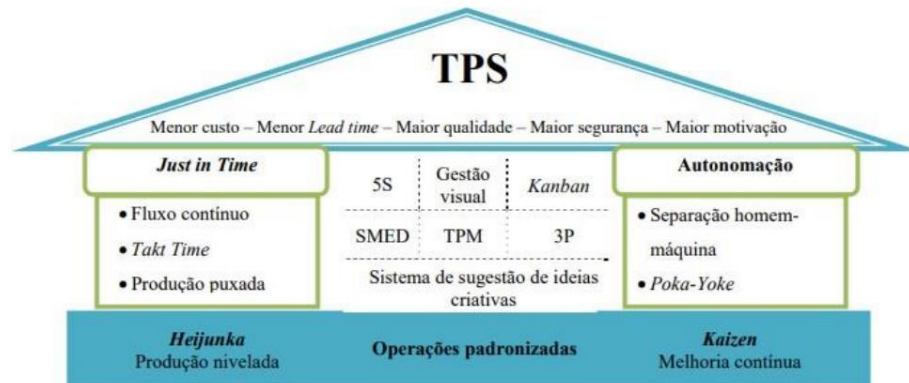
- **Entrega de Valor:** Trata-se de como a organização deve entender profundamente as necessidades e desejos de seus clientes, focando em fornecer produtos e serviços que realmente agreguem valor. O valor é aquilo pelo qual o cliente está disposto a pagar e é à base da existência da empresa.
- **Análise da Cadeia de Valor:** Seu principal objetivo é alcançar a eficácia, e para isso é fundamental analisar de forma abrangente toda a cadeia de valor de um produto ou serviço. Isso envolve examinar todos os processos envolvidos e identificar atividades que não contribuem para o valor final, buscando reduzi-las ou eliminá-las sempre que possível.
- **Fluxo Contínuo:** O conceito de fluxo contínuo enfatiza a importância de organizar as etapas de produção de forma sequencial, de modo que o produto ou serviço flua de uma etapa para a outra sem a necessidade de estoques intermediários ou itens semi acabados.
- **Produção Puxada:** A produção deve ser direcionada pela demanda real do cliente, ou seja, a empresa deve produzir somente o que é necessário, quando é necessário. Isso contribui para a redução de estoques e minimiza o desperdício de produtos em processo.
- **Melhoria contínua:** A busca pela melhoria contínua está centrada na eliminação constante de desperdícios, com o objetivo de aumentar a eficiência e eficácia dos processos. A empresa nunca deve cessar seus esforços na melhoria contínua.

2.1.1 Práticas do *lean*

O *Lean* é uma filosofia de gestão que envolve uma série de práticas e técnicas específicas para melhorar processos e eliminar desperdícios. De acordo com Moreira (2011), algumas das ferramentas mais comuns associadas ao *Lean* são: VSM – Mapeamento do Fluxo de Valor; 5S; Heijunka; SMED; Poka-Yoke; Seis Sigma; Kanban; Kaizen; Gestão Visual – Andon SW; TPM.

A filosofia *lean* é amplamente utilizada para otimizar processos e eliminar desperdícios em organizações. Para alcançar esses objetivos, são empregados pilares e ferramentas fundamentais, que compõem o Sistema Toyota de Produção (STP). Conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5: A casa do STP



Fonte: Adaptado de Liker (2005) e Ghinato (2000).

O Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM) é uma ferramenta capaz de representar visualmente todas as etapas envolvidas nos fluxos de material e informação na medida em que o produto segue o fluxo de valor, ajudando na percepção do que agrega realmente valor, desde o fornecedor até ao consumidor (Rother; Shook, 1999). Com isso, constrói-se o cenário atual e uma perspectiva de um cenário futuro (Pinto, 2009).

A ferramenta 5S busca aprimorar a qualidade dos produtos e serviços, o ambiente de trabalho, o atendimento ao cliente, melhorar a qualidade de vida dos colaboradores, almejando a simplificação das ações, maximizar o aproveitamento dos recursos disponíveis, reduzir gastos e desperdícios, otimizar o espaço físico, reduzir e prevenir acidentes e melhorar as relações humanas. Observa-se que estes objetivos estão na sequência do conceito de *Lean Thinking* (Moreira, 2011).

No contexto do *Heijunka*, ao multiplicar as tarefas, partindo da melhor forma e uniformizando-as graças a um nivelamento estudado, consegue-se utilizar melhor o tempo de trabalho disponível para a criação de valor (Jones, 2006). Dessa forma, o *Heijunka* permite a redução das diferentes mudas, afetando maior valor à linha de Produção Lean (Trilogiq, 2008).

No que diz respeito à abordagem *Single Minute Exchange of Die* - SMED ou troca rápida de ferramentas, ela é referência quando se trata de diminuição dos intervalos de tempo de setup de máquinas. Este método se concentra no tempo demandado para transitar de uma referência a última peça produzida em um lote até a primeira peça produzida no lote seguinte (Shingo, 1996).

O conceito de Poka Yoke foi introduzido por Shigeo Shingo, em 1961 na Toyota Motor Corporation, inicialmente chamado de baka-yoke, que significa —*fool-proofing* (à

prova de tolos). Em 1963 uma trabalhadora na Arakawa Body Company recusou-se a usar mecanismos baka-yoke na sua área de trabalho, devido ao termo ter uma conotação ofensiva e desonrosa. Assim o termo foi alterado para Poka Yoke, que significa *mistake-proofing* (à prova de erros), (Shingo, 1986). Essa abordagem visa criar processos e sistemas que evitem erros e falhas no processo produtivo.

Estratégia Seis Sigma é uma extensão dos conceitos da qualidade total com foco na melhoria contínua dos processos, iniciando-se naqueles que atingem diretamente o cliente. A estratégia Seis Sigma não é uma proposta inovadora. Ela aproveita todas as iniciativas de qualidade que já foram implementadas, harmonizando-as e estabelecendo metas desafiantes de redução de desperdício. A filosofia que sustenta o Seis Sigma é a da melhoria contínua e pode ser aplicada a empresas de todos os tamanhos, nos vários ramos de prestação de serviços ou de produção, seja de capital público ou privado, (Zu, Fredendall, Douglas, 2008).

Em relação a técnica Kanban, com a aplicação da mesma, o material em processo é limitado e controlado pelo número de cartões em circulação, as necessidades de reposição são identificadas visualmente e a burocracia é eliminada. Essas são algumas vantagens do Kanban. Além disso, a eficácia desse método pode ser avaliada através da redução do número de cartões em circulação e também melhora a qualidade do processo produtivo (Artigonal, 2009).

A ferramenta Kaizen concentra-se em aspectos estratégicos relacionados ao tempo, abordando pontos-chave para a produção e os processos produtivos, como aprimoramento da qualidade, controle de custos, e garantia de entregas pontuais. Qualquer falha em um desses aspectos implica na perda de competitividade e sustentabilidade nos atuais mercados globais (Imai, 2008).

O sistema Andon - Gestão Visual inclui, entre outras funcionalidades, a exposição visual do status da produção a toda a organização. Ele atua como um indicador imediato de problemas, demandando resolução com máxima celeridade (Kamada, 2009).

TPM é um método de gestão que visa identificar e eliminar perdas nos processos produtivos, otimizando a utilização dos ativos industriais e garantindo a geração de produtos de alta qualidade a custos competitivos. Desenvolver conhecimentos capazes de reeducar as pessoas para ações de prevenção e melhoria contínua, garantindo o aumento da confiabilidade dos equipamentos e da capacidade dos processos, sem exigir investimentos adicionais (Firmino, 2002).

O *Lean Construction* surgiu logo depois do *Lean Manufacturing* ser aceito nas indústrias manufatureiras ocidentais, onde foram apresentadas diferentes explicações e

perspectivas a partir do estudo do *lean*. Assim como o *lean manufacturing*, o *lean construction* tem como objetivo enxugar os processos desnecessários que atrapalham uma obra, e possui os mesmos cinco princípios-chaves que *lean*, porém adaptados à construção civil.

2.2 Usinas Fotovoltaicas

A energia solar fotovoltaica é a fonte de energia que mais cresce no mundo. O Brasil é um dos países mais ensolarados e tem um tamanho continental que lhe dá a oportunidade de se tornar uma nação líder em energia solar fotovoltaica (ABSOLAR, 2020).

A incidência de radiação solar no Brasil é superior à verificada em países que possuem maiores investimentos em energia solar fotovoltaica, isso se dá pela localização privilegiada do país por seu território estar contido dentro de uma faixa de latitude na qual a incidência de radiação solar é basicamente favorável (Peraza, 2013).

A energia solar fotovoltaica é obtida através de conversão direta da luz solar em eletricidade, denominada de efeito fotovoltaico, e é realizada por meio de dispositivos fotovoltaicos (FV). Tal efeito foi verificado pela primeira vez pelo físico francês Edmond Becquerel, em 1839, é considerado como o aparecimento de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção solar com o material semicondutor ocorre a liberação e movimentação de elétrons por este material, gerando-se essa diferença de potencial (Cresesb, 2004).

O Atlas Brasileiro de Energia Solar, publicado em 2017 pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, disponibiliza os valores médios anuais da irradiação solar no Brasil. De acordo com esse estudo, o Nordeste é a região que possui os melhores parâmetros, apresentando o maior nível de irradiação no plano inclinado (média anual de 5,52 kWh/m².dia) e menor variabilidade interanual durante o ano (Pereira *et al.*, 2017).

Por essa razão, essa Região, em particular sua porção semiárida, onde a elevada irradiação está associada à ocorrência de baixa precipitação e menor cobertura de nuvens ao longo do ano, se credencia a ser o destino prioritário de investimentos em geração de energia elétrica a partir da fonte solar, como já se observa nos leilões públicos e privados (Bezerra, 2021).

De acordo com a ANEEL (2023), a agência prevê a entrada em operação comercial de 298 projetos ainda no ano de 2023. Ainda de acordo com a agência, a estimativa é de que as usinas solares centralizadas e eólicas (fontes renováveis de energia) responderão por mais de 90% da ampliação na capacidade de geração do Brasil, com destaque para os estados da

Bahia, do Rio Grande do Norte e de Minas Gerais, que respondem juntos por mais de 70% da expansão planejada.

2.2.1 Da construção à operação de parques solares

Ressalta-se que um método construtivo compreende o procedimento, técnica ou meio de realizar um determinado projeto (Sabattini, 1989). Dessa forma, o método construtivo dos complexos fotovoltaicos compreende uma série de atividades, regras e procedimentos que possuem como objetivo a construção do produto final (Rodrigues, 2021). Para facilitar a compreensão, o quadro1 traz os métodos construtivos referente a construção de usinas fotovoltaicas.

Quadro 1: Métodos construtivos - Parte Civil

Etapas	Atividade	Função	Execução
Serviços Preliminares	Canteiro de Obras	É a atividade responsável por criar uma região composta de uma ou mais áreas de execução e suporte à construção, onde possui áreas operacionais e de vivência (ABNT,1991).	Predominantemente Manual
Acessos Internos e Preparo do Terreno	Supressão Vegetal	Operação responsável por desmatar uma determinada área removendo os elementos de sustentação do solo, conferindo novas características físico-químicas à região com o objetivo de usar o espaço para fins alternativos (BONINI et al., 2013).	Mecânica
Acessos Internos	Terraplanagem	Ato de mudar a configuração 3D natural do terreno para atender à altura da área considerada no projeto de implantação do empreendimento através de processos de cortes e aterros (LIMA et al., 2012).	Mecânica

Acessos Internos	Pavimentação	Atividade que tem como finalidade a construção de um pavimento que, por sua vez, deve resistir aos esforços do tráfego de veículos e do clima, apresentar boas condições de rolamento, conforto, economia e segurança (BERNUCCI et al., 2008)	Mecânica
Drenagem	Drenagem	Os sistemas de drenagem são diferenciados entre microdrenagem e macrodrenagem. A microdrenagem é projetada para captar as águas de precipitação de risco moderado. Já a macrodrenagem é projetada para acomodar as precipitações superiores às captadas pela microdrenagem, garantindo a segurança humana e material, como é o caso das UFV (TOLEDO, 2017)	Mecânica
Montagem dos Trackers	Reforço do solo	Consiste na técnica de aplicação de um material, geralmente um geossintético, para melhorar as características da região. Possui a função de melhorar o solo através da mobilização da resistência à tração do material, reforçando e/ou restringindo as deformações das estruturas geotécnicas (CONSTANCIO, 2010)	Mecânica
Montagem dos Trackers e Instalação dos Skids	Cravação de estacas	Operação que ocorre através da aplicação de uma carga em sua superfície superior com o auxílio de um martelo hidráulico ou martelo vibratório até atingir a nega1 (FALCONI et al., 2014).	Mecânica

Lançamento dos Cabos Solares BT e MT	Execução das valas	É a atividade realizada para encaminhar os cabos da instalação, que engloba os processos de escavação de vala, lançamento do duto ou cabo, reaterro e compactação (BASCOM; WILLIAMS; KWILINSKI, 2016)	Mecânica
--------------------------------------	--------------------	---	----------

Fonte:Rodrigues (2021)

A fase de construção civil em uma usina fotovoltaica (UFV) é marcada pela execução de ações que englobam a criação de infraestruturas iniciais, como escavação e sistemas de escoamento de água, além da preparação do terreno para a instalação dos componentes elétricos e mecânicos, incluindo a remoção de vegetação, a construção de acessos internos e o nivelamento do terreno.

De com a ABSOLAR (2023), de maneira geral as atividades operacionais das usinas fotovoltaicas acontecem da seguinte forma:

- 1 - Os módulos captam a luz do sol e a transformam em corrente contínua;
- 2 - A corrente passa por um inversor, onde é transformada em corrente alternada;
- 3 - O excesso de eletricidade produzido pode voltar para a rede;
- 4 - A rede faz o uso da energia e, por isso, as Unidades Consumidoras (UCs) recebem créditos para sua conta de luz.

De acordo com Sampaio (2015), um sistema fotovoltaico consiste em quatro elementos básicos: módulo fotovoltaico, regulador de carga, inversor e bateria quando necessário, este fato se deve a especificidade de cada sistema. De acordo com o mesmo autor, o módulo fotovoltaico consiste em células fotovoltaicas, ou seja, as superfícies que geram eletricidade, que convertem diretamente a energia solar em energia elétrica. Já o regulador de carga tem como função preservar as baterias de serem sobrecarregadas, ou descarregadas completamente, aumentando sua vida útil.

O inversor, por sua vez, é responsável por converter a energia gerada por painéis fotovoltaicos que geram eletricidade em corrente contínua - CC, em corrente alternada - AC em níveis de tensão e frequência requeridos pela rede elétrica (Sampaio, 2015). As baterias são utilizadas no sistema fotovoltaico para armazenar o excedente produzido pelos módulos para ser aproveitado à noite ou em dias com baixa insolação ou nublado (Silveira; Tunas; Lima, 2013).

Figura 6: Sistema típico de energia solar fotovoltaica



Fonte: Sampaio (2015)

O sistema solar fotovoltaico acima, representado pela Figura 6, contribui para a matriz energética brasileira de forma sustentável e eficiente, oferecendo um ciclo que vai da captação da luz solar a sua utilização pelas unidades consumidoras (UCs), permitindo inclusive o armazenamento do excedente produzido pelos módulos, viabilizando o aproveitamento a noite ou em dias com baixa insolação. O próximo capítulo detalha a metodologia empregada para analisar e propor melhorias visando a otimização desse setor.

3 METODOLOGIA

Este capítulo traz uma breve descrição das etapas de desenvolvimento e classificação do método de pesquisa para atingir o objetivo deste trabalho, que é analisar e propor melhorias para os problemas apresentados.

3.1 Classificação da pesquisa

Segundo Silva e Menezes (2001), a pesquisa é definida como um conjunto de ações que tem como base procedimentos racionais e sistemáticos, que são desenvolvidos a fim de solucionar problemas. Cada pesquisa possui suas peculiaridades, logo, é fundamental classificá-las para obter um melhor entendimento dos seus objetivos.

Quanto à natureza, a pesquisa é classificada como aplicada, uma vez que se destina a solucionar problemas reais e aplicar conhecimentos existentes para aprimorar a prática ou a tomada de decisões. Seu objetivo é aplicar o conhecimento acadêmico na prática, promovendo avanços que tenham um impacto positivo no objeto de estudo e gerem resultados úteis para questões específicas e práticas.

Quanto ao objetivo, para este trabalho, foi realizada uma pesquisa descritiva. Possuem variáveis já conhecidas, e busca conhecer o caminho e a trajetória (Forza, 2002). Em suma, a pesquisa com objetivo descritivo é uma abordagem que busca descrever, documentar e caracterizar fenômenos ou características específicas. Ela fornece uma base sólida de informações que podem ser usadas em pesquisas subsequentes para explorar e explicar mais a fundo os fenômenos estudados.

Quanto ao método, a pesquisa é classificada como um estudo de caso, a fim de obter as informações almejadas. O estudo de caso investiga um fenômeno atual, geralmente considerando que as fronteiras entre o fenômeno e o contexto em que se insere não são claramente definidas (Yin, 2015). Dentre os benefícios principais da condução de um estudo de caso estão a possibilidade de aumentar o entendimento sobre eventos reais e contemporâneos e também do desenvolvimento de novas teorias. Além disso, muitos conceitos atuais na Engenharia de Produção e, principalmente, na Gestão de Operações foram desenvolvidos por meio de estudos de caso (Sousa, 2016).

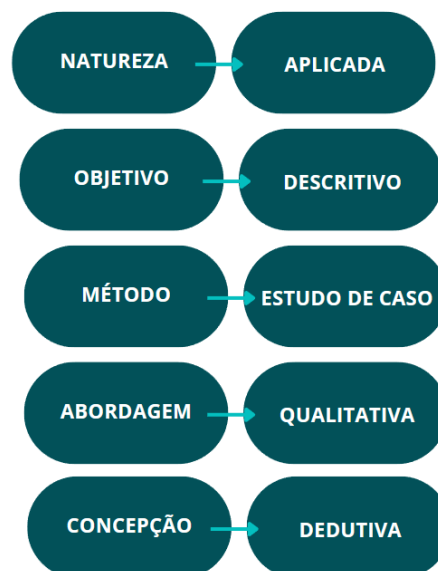
De acordo com Eisenhardt (1989), os estudos de casos costumam combinar diversos métodos de coleta de dados, tais como documentos de arquivo, entrevistas, questionários e observações. As evidências podem ser qualitativas, quantitativas ou ambas. Para orientar o

pesquisador na utilização do método de estudo de caso é interessante a elaboração de um protocolo de pesquisa. Segundo Yin (2001), o protocolo é uma das táticas principais para aumentar a confiabilidade e a validade da pesquisa de estudo de caso.

Quanto à abordagem, a pesquisa é classificada como qualitativa, pois vai se dar por meio de entrevistas aos responsáveis das respectivas empresas. Quanto à abordagem de pesquisa (Yin, 2001). Ela se concentra na compreensão aprofundada e na interpretação de fenômenos sociais e humanos complexos, ela busca explorar as perspectivas, experiências, opiniões e significados subjacentes a esses fenômenos, muitas vezes por meio de coletas de dados não estruturados, como: entrevistas, observações participativas e análises de textos.

Quanto à concepção metodológica, a pesquisa é classificada como dedutiva, uma vez que se baseia por meio de leis e teorias já existentes. Quanto ao tipo de argumentação lógica (Marconi; Lakatos, 2003), ela segue uma lógica dedutiva, na qual o pesquisador começa com uma teoria geral e a testa por meio da coleta de dados e análises específicas. Em outras palavras, o processo de pesquisa parte de uma suposição teórica que é testada empiricamente para verificar sua validade. Para tornar a visualização da classificação da pesquisa mais clara, foi elaborado um esquema relacionando os tipos de pesquisa utilizados, onde pode ser visto na figura 7.

Figura 7: Classificação da pesquisa



Fonte: autoria própria

3.2 Procedimento da pesquisa

Para o desenvolvimento do estudo e a consequente elaboração deste trabalho, foram realizadas pesquisas bibliográficas, referente ao *lean* aplicado à construção e operação, às usinas fotovoltaicas de maneira geral e mais especificamente no Rio Grande do Norte, para então coletar e analisar dados de duas usinas fotovoltaicas localizadas, respectivamente, em Areia Branca e Assu, a fim de se atingir o objetivo do trabalho. Para isso foram realizadas três etapas para a construção do estudo de caso.

A primeira etapa foi destinada à busca em bases de pesquisa, como o Google Acadêmico e a plataforma CAPES. Utilizando palavras-chave como *lean*, usinas fotovoltaicas, produção enxuta, construção e operação em usinas fotovoltaicas. Com o objetivo de associar esses temas e identificar práticas lean nas UFV relacionadas a esse contexto. Logo depois, foi elaborada toda a estrutura do texto introdutório, com o intuito de fazer uma breve contextualização sobre os temas abordados.

A segunda etapa se deu pela realização da coleta dos dados que aconteceu no dia 10 de agosto em duas usinas fotovoltaicas, pertencentes à mesma empresa. A primeira visita ocorreu pela manhã na usina fotovoltaica no município de Assu RN. Durante a visita, foi possível iniciar a entrevista com o encarregado do local, que apresentou uma visão geral do funcionamento operacional da usina, incluindo informações sobre a quantidade de funcionários e terceirizados no local.

Após a entrevista com o encarregado, o responsável pela comunicação social realizou uma apresentação mais abrangente destacando o funcionamento da empresa como um todo. Para encerrar a visita a primeira usina fotovoltaica, foi apresentada às instalações do local, onde foi possível observar de perto desde os inversores até os painéis solares.

A segunda visita ocorreu à tarde na usina fotovoltaica em Areia Branca RN, seguindo o mesmo roteiro da visita anterior. Onde novamente o responsável pela comunicação social da empresa fez uma apresentação específica sobre a usina fotovoltaica em questão. Houve um momento de dúvidas e esclarecimentos com o gerente pela usina de Areia Branca, seguido de uma visita às instalações.

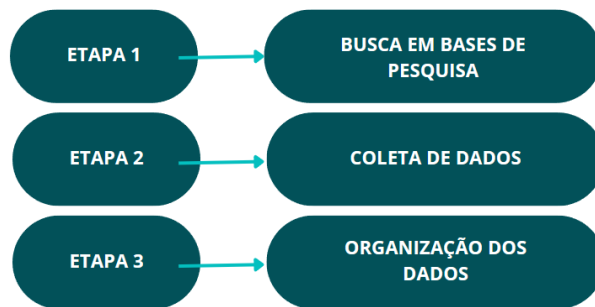
Todos esses procedimentos foram realizados, a fim de identificar a utilização dos princípios do *lean* desde a construção até a operação dos mesmos. Assim como, entender sobre a viabilidade da implantação de ferramentas no cotidiano das empresas, a fim de melhorar os processos.

Na terceira etapa efetuou-se a organização dos dados e das informações reunidos ao longo do estudo, de forma que fosse possível realizar um comparativo entre a teoria e a

prática nas UFV e assim propor a utilização de ferramentas *lean* não utilizadas nas usinas fotovoltaicas estudadas.

Para tornar a visualização das etapas do procedimento da pesquisa mais clara, foi desenvolvido um esquema, apresentado na figura 8.

Figura 8: Etapas do procedimento da pesquisa



Fonte: Autoria própria

Diante das informações obtidas, iniciou-se a construção do estudo de caso, que se propôs a aprofundar a análise sobre a aplicação dos princípios do *lean* nas usinas fotovoltaicas. Este estudo buscou investigar em detalhes os processos de construção e operação dessas usinas, identificando oportunidades de melhoria e a viabilidade da implementação de ferramentas *lean* para otimização dos procedimentos.

Além disso, o estudo teve como objetivo oferecer insights e recomendações que possam facilitar a adoção de abordagens *lean* por parte das usinas fotovoltaicas que ainda não as utilizam, visando aprimorar a eficiência operacional e contribuir para o desenvolvimento sustentável do setor de energia solar na região.

3.3 Instrumentos de coleta de dados

Voss, Tsikriktsis e Frohlich (2002) consideram que a essência do protocolo é o conjunto de questões a serem utilizadas nas entrevistas. Eles ilustram um formato frequentemente empregado, conhecido como formato do funil, onde as perguntas iniciais são abertas e, à medida que a entrevista progride, as questões se tornam mais específicas, abordando detalhes mais aprofundados.

Dessa forma, para guiar a pesquisa, foi elaborado um roteiro dividido em seis seções. A primeira sessão consistiu em perguntas de caráter geral. A segunda abordou a aplicabilidade do *lean* desde a construção até a operação de usinas fotovoltaicas. A terceira

tratou do organograma da empresa. A quarta seção referiu-se aos processos, explorando os principais procedimentos, a dinâmica de distribuição de energia e as estratégias adotadas para otimização dos processos.

A quinta seção concentrou-se nos fornecedores e nos critérios de seleção adotados pela empresa. Por fim, a sexta e última seção englobou perguntas relacionadas à cultura da empresa, seus valores e os métodos utilizados para alinhar todos os funcionários com o propósito da organização. O roteiro completo pode ser visualizado no apêndice A.

Além disso, foi elaborado um documento semelhante a um *checklist*, construído por meio das pesquisas bibliográficas realizadas para o desenvolvimento do referencial teórico do trabalho, contendo todas as principais ferramentas e conceitos do *lean*. Esse documento possibilitou a identificação mais precisa das práticas pertinentes ao estudo nas usinas fotovoltaicas em questão. O *checklist* completo pode ser visualizado no apêndice B.

3.4 Coleta e análise dos dados

O estudo de caso baseou-se inicialmente em um referencial teórico preliminar, objetivando fundamentar as partes teóricas do estudo, como também o desenvolvimento do roteiro com perguntas semiestruturadas e um *checklist* com as práticas *lean* para nortear a visita. Por meio disso, foi possível embasar as análises e interpretações dos dados coletados.

Além disso, foi realizada uma visita *in loco*, buscando obter informações mais detalhadas, assim como, analisar diretamente o ambiente de estudo. Essa visita desempenhou um papel fundamental ao trazer uma perspectiva mais realista e enriquecedora para a pesquisa, permitindo uma compreensão mais aprofundada do contexto em questão.

No que diz respeito às análises dos dados, este tópico será aprofundado para descrever detalhadamente como os dados foram coletados e processados, destacando as metodologias e ferramentas utilizadas para possibilitar uma compreensão maior a partir das informações coletadas.

As visitas aconteceram no dia 10 de agosto, na usina fotovoltaica A, localizada em Assu RN, pela manhã, e na usina fotovoltaica B, localizada em Areia Branca RN à tarde. Cada visita foi composta por três momentos, o primeiro composto por uma apresentação geral sobre a empresa, o segundo a realização da entrevista propriamente dita, e o terceiro a visita às instalações das empresas. Dessa forma, a coleta de dados se deu por duas formas, a primeira por meio de entrevista usando o questionário semiestruturado, e a segunda por meio do *checklist* durante a observação nas instalações do local.

Na apresentação, foi detalhado o funcionamento da empresa, os tipos de energia produzida, a quantidade de empresas distribuídas no Rio Grande do Norte, Brasil e no mundo, bem como a quantidade de usinas fotovoltaicas em operação e construção, entre outros tópicos. Durante as entrevistas, em ambas as usinas, foi possível sanar todas as dúvidas referentes aos tópicos abordados no roteiro. Para finalizar, durante a visita às instalações das usinas, foi possível observar quais ferramentas *lean* estavam sendo utilizadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA PESQUISA

Este capítulo apresenta o estudo de caso que foi desenvolvido por meio de visitas in loco. O mesmo vai apresentar a caracterização do local de estudo, como também a descrição das práticas relacionadas ao *lean*, análise dessas práticas e concluir com propostas de melhorias para os problemas identificados.

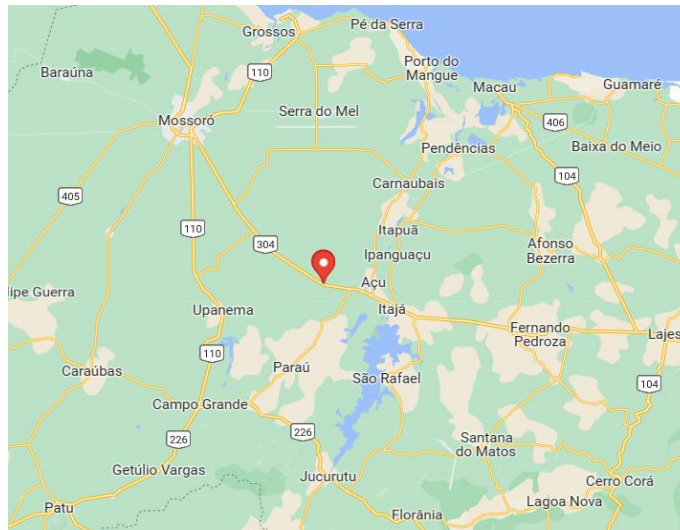
4.1 Caracterização do local de estudo

O estudo foi desenvolvido em uma empresa multinacional, uma das maiores na área de energia, gás natural e infraestrutura, possui 170 mil empregados, distribuídos pelos 5 continentes. Mais de 100 GW de capacidade instalada de geração pelo mundo. A sede administrativa brasileira está localizada em Florianópolis (SC), com operações em 150 municípios do país.

No Brasil, a empresa contribui para a entrega eficaz de energia aos consumidores ao direcionar a energia gerada em suas usinas para o Sistema Interligado Nacional (SIN). Esse sistema centralizado, coordenado pelo Operador Nacional do Sistema (ONS) do Governo Federal, permite a transferência eficiente de energia entre diferentes regiões do país.

Como o foco principal do estudo são usinas fotovoltaicas, foram realizadas visitas em duas usinas FV do grupo, ambas localizadas no interior do Rio Grande do Norte. A usina (A) localizada em Assu possui 319.200 módulos ou geradores fotovoltaicos do tipo filme fino, com potência instalada de 36.7 MW. A referida usina FV não possui mais capacidade de expansão, mas já existem projetos de expansão em andamento para a construção de outra usina independente no mesmo município, vinculada à mesma empresa. A localização da usina FV (A) pode ser vista na figura 9.

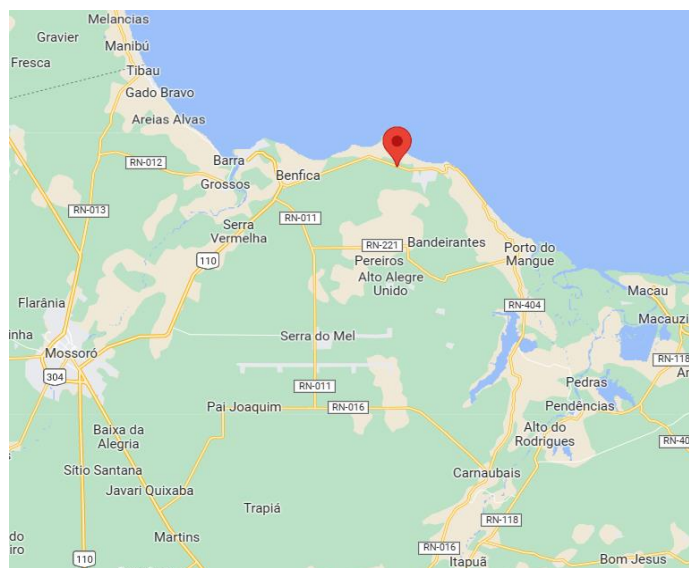
Figura 9: Localização da usina FV A



Fonte: Google maps (2023)

A usina (B) localizada no município de Areia Branca possui 317.160 módulos ou geradores fotovoltaicos do tipo filme fino, com uma potência instalada de 86 MW, ou seja, quase o triplo em comparação a usina anteriormente apresentada. A localização da usina FV (B) pode ser vista na figura 10.

Figura 10: Localização da usina FV B



Fonte: Google maps (2023)

A usina (A) possui 15 funcionários, sendo que três deles são efetivos na empresa, enquanto os demais são funcionários terceirizados que se dedicam principalmente a atividades

de manutenção. Já a usina (B) conta com um total de 50 funcionários, entre efetivos e terceirizados. Assim como na Empresa A, a maioria desses funcionários estão direcionados para demandas relacionadas à manutenção.

A usina (A), devido ao planejamento, construção e operação serem conduzidos por fornecedores e/ou equipes internas presentes em todas as etapas, implementou um sistema que registra todas as informações geradas no parque em tempo real e as envia para um painel completamente automatizado. Esse painel é acessível tanto pelo encarregado da usina em questão quanto por superiores localizados em Florianópolis, (SC), onde a empresa instalou o centro de controle que supervisiona todas as usinas. Já a usina (B) foi adquirida após a fase de planejamento e construção, sendo apenas operada pela empresa atual.

Em relação aos processos envolvidos na geração e distribuição de energia, a empresa adota uma ampla abordagem. Tendo como principais componentes do processo na usina: os inversores, medidores, linhas de transmissão, rede de distribuição, medidores bidirecionais, quadros disjuntores e os painéis solares.

Para otimizar esses processos e, ao mesmo tempo, reduzir os impactos ambientais, a empresa investe fortemente em inovação, acreditando que essa é a chave para aumentar a eficiência operacional, empenho dos colaboradores e atender às crescentes demandas que surgem constantemente na área de energia renovável. Um exemplo notável dessa abordagem é a implementação de um programa de inovação dentro da empresa, para incentivar os colaboradores a trazer soluções inovadoras, onde as melhores ideias concorrem a prêmios.

Ainda em relação à inovação, a empresa busca sempre inovar, mesmo com avanços tão constantes na área e os produtos, tecnologias e equipamentos se tornarem obsoletos tão rápido. A aquisição de painéis bifaciais, que demonstraram ser quatro vezes mais eficientes na expansão que houve na usina A em Assu, é um exemplo dessa busca por inovação. A empresa possui algumas ideias inovadoras em andamento, entre elas: a rafea, que é um método que proporcionou um aumento nas correntes geradas pelas placas solares; e o poleiro, que por meio dele foi possível diminuir a sujidade nas placas, ambas mesmo se tratando de ideias simples têm mostraram bastante eficientes.

Em relação aos projetos sociais e socioambientais, a empresa demonstra compromisso com a comunidade e o meio ambiente. Um exemplo disso foi o investimento de 250 mil em iniciativas como os quintais produtivos, visando o desenvolvimento de práticas agrícolas sustentáveis. Além disso, a empresa destinou 285 mil para promover a eficiência energética, através da instalação de sistemas em escolas públicas e unidades básicas de saúde.

A empresa também firmou parcerias estratégicas, como a com a UFERSA Mossoró, mostrando seu compromisso com a inovação. Projetos como a Cozinha Piató, que envolve a capacitação da comunidade, aquisição de equipamentos e construção de instalações, comprovam o esforço da empresa em dar autonomia a essas localidades. Além disso, a empresa também destinou 100 mil para a construção da sede da APAE Assu.

Além desses projetos, alguns outros estão em andamento, como o projeto envolvendo idosos, com cursos e oficinas, com um investimento de 220 mil, mostram o compromisso da empresa com a inclusão social e a promoção do bem-estar em diferentes faixas etárias. A empresa também está trabalhando na implementação do Centro de Cultura e Sustentabilidade no Trairí, que será o primeiro do Nordeste, a fim de incentivar a cultura local e a sustentabilidade.

Em relação à seleção de fornecedores de equipamentos e materiais para construção e geração de energia, a empresa estabelece alguns critérios e questões hierárquicas. Dado o caráter multinacional da empresa, dependendo do tipo de equipamento, eles já vêm pré-estabelecidos. Esse processo de negociação é centralizado na sede (em Paris), devido ao seu poder de negociação e compra, resultando em vantagens econômicas.

Quanto à cultura da empresa, seus valores fundamentais estão centrados na busca por uma sociedade neutra de carbono, promovendo o consumo reduzido de energia e soluções sustentáveis por meio de energias renováveis. Para reforçar ainda mais esse compromisso, a empresa optou por vender sua termoelétrica, focando somente na produção de energias renováveis.

A fim de garantir que seus colaboradores estejam alinhados com essa cultura e esses valores, a empresa adota diversas iniciativas, entre elas: a comunicação eficaz, treinamento e desenvolvimento, avaliação de desempenho, entre outras. Sua estratégia engloba comunicação efetiva e um processo de melhoria contínua. Isso é facilitado por meio de capacitações realizadas por especialistas e empresas especializadas, fornecendo aos colaboradores o conhecimento necessário para contribuir com a melhoria contínua da empresa.

Além disso, a empresa promove um sistema de lições aprendidas que é compartilhado desde as empresas regionais até as internacionais, proporcionando aprendizado contínuo aos funcionários. A unidade de Planejamento Logístico e Projetos (PLP) desempenha um papel fundamental ao acompanhar as obras e manter uma comunicação ativa, garantindo a conformidade com os padrões da empresa. Essas abordagens são essenciais para integrar os colaboradores à cultura da empresa, fortalecendo o compromisso com a transição sustentável.

Durante a operação, o foco se concentra na manutenção, a empresa implementou diversas práticas para garantir a eficiência nesse processo. Primeiramente, foi desenvolvido um sistema de manutenção, que possibilita o monitoramento contínuo das condições dos equipamentos. Isso é feito através de um painel de controle em tempo real, o que permite uma resposta rápida a qualquer problema que possa surgir.

Além disso, a empresa adotou a tecnologia moderna ao desenvolver um aplicativo dedicado para a gestão e monitoramento da situação de risco. Esse aplicativo facilita o acompanhamento das operações de manutenção e ajuda a identificar de qualquer lugar as áreas de preocupação, e contactar uma equipe especializada.

A empresa também estabeleceu um cronograma completo de manutenção, o que permite o planejamento adequado das atividades de manutenção preventiva e corretiva. Isso ajuda a evitar paralisações não programadas por muito tempo e a manter a eficiência operacional, que por sua vez é o foco principal das empresas.

4.2 Análise das práticas *lean*

A utilização das práticas *lean* em uma UFV pode auxiliar na otimização de processos, redução de desperdícios e melhoria da eficiência de maneira geral. Durante as visitas, o foco foi identificar essas práticas ou a ausência delas. Para isso, a primeira etapa da análise vai listar por meio do Quadro 2, tudo o que foi identificado nas UFV como práticas *lean*. Realizando a descrição de como acontece nas usinas e qual prática é caracterizada com tal descrição. Já na segunda etapa da análise, serão identificados os principais gargalos encontrados e feitas sugestões de ferramentas que poderiam auxiliar.

Quadro 2: Identificação das práticas *lean*

Descrição das práticas nas UFV	Identificação das ferramentas <i>lean</i>
O programa de inovação acontece em toda a empresa e contempla as usinas do estudo de caso, onde há um incentivo a inovação e melhoria contínua por meio de competições entre os colaboradores que concorrem a prêmios.	O programa de inovação caracteriza a ferramenta Kaizen, que tem o intuito de incentivar a cultura da melhoria contínua, estimulando os colaboradores a sugerirem e/ou implantar melhorias nos processos e fluxos de trabalho.

Sistema operacional automatizado, com indicadores de desempenho e atualizações em tempo real do funcionamento da usina A.	As práticas adotadas pela usina A, caracterizam a ferramenta Poka-Yoke (prevenção de erros), que tem esse intuito de implementação de dispositivos ou procedimentos para evitar falhas, garantindo a qualidade dos processos.
Implementado o sistema de manutenção, onde possuem o controle em tempo real por meio de um aplicativo para gestão e situação de risco.	As práticas, caracterizam a ferramenta TPM (manutenção produtiva total). Que tem o foco na manutenção preventiva para maximizar a eficiência operacional, garantindo que os equipamentos estejam sempre em condições ideais.
Possui um cronograma completo de manutenção.	A criação de cronogramas de manutenção, pode ser ligada à ferramenta TPM, que visa maximizar a eficiência dos equipamentos e minimizar a ocorrência de falhas.
A empresa possui laboratório próprio para testar as placas e demais equipamentos.	Essa aquisição de um laboratório próprio se encaixa na ferramenta Poka-Yoke, que se refere à implantação de mecanismos para evitar erros e identificar problemas antes que eles se tornem falhas maiores.

A empresa possui uma equipe de PLP (planejamento logística e projetos) que acompanha as obras e fica com essa comunicação efetiva para manter o padrão da empresa.	O acompanhamento das obras e a comunicação efetiva caracterizam o mapeamento do fluxo de valor - VSM, que tem como finalidade identificar melhorias e oportunidades de otimização nos processos. Onde pode ser caracterizado também pela ferramenta 5S, que organiza e padroniza o ambiente de trabalho, assim contribuindo para a comunicação efetiva e uma melhor gestão das obras.
Possui um processo em que as lições aprendidas são compartilhadas, começando a nível regional e se expandindo progressivamente até a resolução final, no nível internacional. Isso permite que os funcionários se beneficiem ao máximo com esse processo.	As lições aprendidas não são uma ferramenta <i>lean</i> , mas é uma prática que se alinha com o princípio de aprendizado contínuo do <i>lean</i> .

Fonte: Autoria própria

Durante as visitas foi possível observar também uma série de gargalos que impactam diretamente a operação e eficiência da empresa, e que poderiam ser evitados ou amenizados com a aplicação de ferramentas *lean*. Diante disso, neste tópico serão listados alguns desses gargalos encontrados.

As duas usinas fotovoltaicas visitadas possuem um estoque limitado de placas para reposição, tendo a capacidade de estocar somente 10%, esse estoque mínimo contribui com a alta variação de tipos de placas ao longo da vida útil das usinas, ocasionando em dificuldades na substituição das mesmas. Outra dificuldade bastante pertinente, encontrado na usina UFV B, são os problemas estruturais devido à maresia, sua instalação é próxima a praia.

Apesar do maior foco da empresa se concentrar na manutenção das usinas, por meio de sistemas, cronogramas e aplicativos de manutenção, esse ponto ainda é caracterizado como um gargalo, pois, a manutenção acontece por pirâmide de urgência, ocasionando interrupções não planejadas e consequentemente em perdas na produção e eficiência.

A usina B foi adquirida após a fase de planejamento e construção, diante disso, enfrenta diversos problemas operacionais que poderiam ter sido evitados ou minimizados com um acompanhamento mais próximo por parte de equipes especializadas da empresa, na fase de construção. Esse monitoramento mais eficaz teria como objetivo garantir que todos os processos estivessem alinhados de acordo com os padrões de qualidade estabelecidos pela empresa.

Boa parte das tecnologias utilizadas por toda empresa, inclusive nas usinas fotovoltaicas são estrangeiras o que ocasiona em falhas operacionais e redução na capacidade de geração de energia, por não se adaptarem às condições locais. Esses são alguns dos gargalos que foram possíveis de verificar.

4.3 Propostas de melhorias para os problemas identificados

Uma proposta de melhoria para o primeiro gargalo de estoque limitado seria a implantação do Kanban, visando monitorar o estoque de placas solares de forma eficiente, evitando o excesso quanto a falta de estoque. A implementação da ferramenta Kanban, iria se dar por meio de um sistema de controle de produção, a fim de gerenciar a demanda e a produção de forma eficiente.

No que diz respeito aos estoques, a implementação da ferramenta 5S ajudaria na organização e limpeza do ambiente. Essa implementação manteria o ambiente mais organizado e eficiente, melhorando a gestão do espaço e dos materiais, por meio de cinco etapas: classificar, organizar, limpar, padronizar e manter.

Quanto aos problemas estruturais causados pela maresia, a utilização do Poka-Yoke auxiliaria no desenvolvimento de sistemas a prova de falhas, garantindo uma maior durabilidade. Visto que sua introdução se dá por meio de mecanismos para evitar erros e defeitos nos processos de fabricação.

Nas tecnologias sem adaptações, a ferramenta Kaizen poderia contribuir ao estimular a melhoria contínua, garantindo que os colaboradores se adaptem gradualmente às novas tecnologias. Visto que sua implementação se dá por meio da cultura de melhoria contínua, onde os funcionários são incentivados a sugerir e implementar melhorias no local de trabalho.

Em relação aos gargalos relacionados à manutenção, duas ferramentas lean poderiam ser utilizadas. O VSM, que é o mapeamento do fluxo de valor, auxiliaria na identificação e eliminação de etapas desnecessárias, otimizando o fluxo de manutenção e reduzindo o tempo de espera, assim resolvendo o gargalo de manutenção pela pirâmide de urgência. A implementação desta ferramenta, iria se dar por meio da identificação do fluxo do processo

atual, identificando as atividades que agregam valor e aquelas que são desperdício. Seguindo um mapa de estado futuro para melhorar o fluxo de valor.

Outra ferramenta muito interessante na área de manutenção seria o TPM (*Total Productive Maintenance*), que, em suma, visa garantir que a manutenção seja integrada à operação, mantendo os equipamentos em boas condições de funcionamento. Para sua implantação é necessário desenvolver estratégias para garantir que os equipamentos estejam sempre disponíveis para produção.

Durante a entrevista, foi mencionado que ao final da vida útil de uma usina fotovoltaica, ocorre uma grande variabilidade de placas, podendo chegar a ter três a quatro tipos diferentes. Esse gargalo se inicia no estoque devido à baixa capacidade e a alta variabilidade. Nesse caso a aplicação da ferramenta 6 Sigma seria ideal, pois seu objetivo é reduzir a variabilidade e melhorar a eficiência na transição, minimizando problemas no final da vida útil.

Na perspectiva de engajamento e colaboração da equipe, a gestão visual e o sistema Andon SW seriam muito úteis para a visualização dos status da operação, criando um ambiente mais transparente e promovendo a responsabilidade e a colaboração dos colaboradores. O quadro 3 apresenta uma visão de forma resumida das análises fornecidas nas propostas de melhorias para os problemas identificados.

Quadro 3: Identificação dos gargalos e ferramentas para a melhoria dos processos

Gargalos identificados	Ferramentas propostas	Funcionalidade
Estoque limitado	Kanban	Monitoramento eficiente do estoque de placas solares, evitando excesso ou falta de estoque.
Organização e limpeza	5S	Melhoria da organização e limpeza do ambiente, otimizando a gestão do espaço e dos materiais.
Problemas estruturais causados pela maresia	Poka-Yoke	Desenvolvimento de sistemas à prova de falhas para garantir maior durabilidade, enfrentando os desafios causados pela maresia.
Adaptação a novas tecnologias	Kaizen	Estímulo à melhoria contínua, ajudando os colaboradores a se adaptarem gradualmente às novas tecnologias.
Manutenção por pirâmide de urgência	VSM	Mapeamento do fluxo de valor para identificar e eliminar etapas desnecessárias na manutenção, otimizando o fluxo e reduzindo o tempo de

		espera. Resolução do gargalo de manutenção.
Manutenção e integração com a operação	TPM	Integração da manutenção à operação para manter os equipamentos em boas condições de funcionamento, garantindo a eficiência e eficácia na manutenção. Resolução do gargalo relacionado à manutenção e integração com a operação.
Variedade e quantidade de placas no estoque	Seis Sigma	Redução da variabilidade e melhoria da eficiência na transição de usinas fotovoltaicas no final da vida útil, minimizando problemas decorrentes da grande variedade de placas.
Engajamento e colaboração da equipe	Gestão Visual e Sistema Andon SW	Melhoria do engajamento e colaboração da equipe através da visualização clara dos status da operação, criando um ambiente mais transparente e promovendo a responsabilidade e a colaboração dos colaboradores

Fonte: Autoria própria

É importante ressaltar ainda que a implementação de muitas dessas ferramentas pode ser iniciada por meio de pesquisas referentes a aplicabilidade de cada ferramenta, bem como treinamentos e capacitação dos colaboradores das usinas fotovoltaicas. O treinamento é fundamental para garantir a compreensão dos conceitos, técnicas e metodologias *lean*, bem como para criar uma cultura de melhoria contínua dentro da empresa.

Embora o investimento em treinamento tenha um custo inicial, a longo prazo, os benefícios superam os investimentos, especialmente se a implementação das ferramentas *lean* resultar em eficiências operacionais, redução de desperdícios, melhoria na qualidade e satisfação dos clientes. O quadro 4 faz uma breve descrição dos custos envolvidos.

Quadro 4: Descrição dos custos envolvidos

Ferramentas	Descrição dos Custos
VSM	Análise, mapeamento, treinamento e implementação.
5S	Treinamento e materiais.
Heijunka	Treinamento, análise e planejamento.
SMED	Treinamento, análise dos processos e implementação das mudanças necessárias.
Poka-Yoke	Análise de processos, desenvolvimento e implementação de

	dispositivos a prova de erros.
Seis Sigma	Treinamento, análises estatísticas e projetos de melhorias.
Kanban	Treinamento e a implantação de um sistema de controle visual.
Kaizen	Treinamento e incentivo e/ou suporte para promover a cultura de melhoria contínua.
Gestão Visual	Métodos e tecnologias envolvidas.
TPM	Treinamento, manutenção preventiva e gestão eficiente dos equipamentos.

Fonte: Autoria própria

É importante ressaltar que os custos podem variar de acordo com o tamanho da usina, complexidade dos processos, necessidades de treinamento e a escala de implementação. Mas em suma, os investimentos são relativamente baixos, devido aos benefícios que podem trazer. Comparados a outros tipos de investimentos em infraestrutura, equipamentos ou expansão, os custos para implementar as ferramentas *lean* geralmente são bem mais acessíveis e proporcionam retorno sobre o investimento a curto e médio prazo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo se dedicou a alcançar os objetivos delineados no início deste trabalho, visando identificar a aplicação dos princípios *lean* desde a construção até a operação de usinas fotovoltaicas e propor melhorias. Os resultados obtidos por meio do mesmo, demonstram que todos os objetivos foram atendidos.

No objetivo geral, buscou-se identificar a eficácia da implementação dos princípios do *lean* no contexto das usinas fotovoltaicas, focando na otimização desde a construção até as operações. A análise identificou gargalos em ambas as atividades, destacando a necessidade de aplicar abordagens *lean* para aprimorar o desempenho e a eficiência.

Nos objetivos específicos, foi possível identificar os impactos da aplicação *lean* na construção e operação das usinas fotovoltaicas, bem como realizar um comparativo entre a usina A que adotou os princípios *lean* desde a construção e a usina B que só adotou os princípios durante a operação. Essa análise comparativa evidenciou as vantagens e desafios associados à implementação do *lean*, fortalecendo a argumentação para sua efetiva adoção.

Além disso, foram propostas melhorias alinhadas aos princípios *lean* com o intuito de solucionar os gargalos identificados. A implementação de ferramentas como Kanban, 5S, Poka-Yoke, Kaizen, VSM, TPM e Seis Sigma foi recomendada para otimizar os processos, minimizar desperdícios, melhorar a gestão de estoques, prevenir falhas estruturais e promover uma cultura de melhoria contínua. Cada proposta de melhoria foi pensada para enfrentar os desafios identificados, buscando maximizar a eficiência operacional das usinas fotovoltaicas.

Diante disso, é possível concluir que a aplicação dos princípios do *lean* pode gerar benefícios significativos desde a construção até as operações de usinas fotovoltaicas. As propostas de melhorias apresentadas representam um passo em direção à eficiência, sustentabilidade e competitividade no setor de energia solar. Espera-se que este estudo possa servir como uma base sólida para futuras implementações e pesquisas nesse campo, promovendo um avanço contínuo no uso eficaz das energias renováveis.

O desenvolvimento deste estudo limitou-se à análise de apenas duas usinas pertencentes a uma única empresa, devido a limitação de tempo e a disponibilidade limitada das empresas para a realização das análises mais abrangentes. Desta forma, como recomendação para trabalhos futuros, sugere-se a análise mais detalhada que contemple outros cenários ou um maior número de empresas.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR. **Entenda como funciona a energia solar fotovoltaica**. 2023. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/o-que-e-energia-solar-fotovoltaica/>. Acesso em: 5 set. 2023.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Sistema de Informações de Geração da ANEEL - SIGA**. Disponível em: SIGA - Sistema de Informações de Geração da ANEEL - Conjunto de dados - Dados Abertos - Agência Nacional de Energia Elétrica. Acesso em: 19 abr. 2023.

Artigonal - Diretório de Artigos Gratuitos. (25 de Abril de 2009). Obtido em 5 de Abril de 2011, de Artigonal - Diretório de Artigos Gratuitos: www.artigonal.com

BEZERRA, Francisco Diniz. **Energia solar**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 6, n.174, jul. 2021. (Caderno Setorial Etene)

CARVALHO, Ícaro. **Conexões de energia solar no RN aumentam 107,9% em 2022**. Tribuna do Norte. Natal. 2023. Disponível em: <http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/conexa-es-de-energia-solar-no-rn-aumentam-107-9-em-2022/559139>. Acesso em: 19 abr. 23

COELHO, Lorena Maria Moraes Fernandes. **Estudo da análise do ciclo de vida aplicado a usinas solares fotovoltaicas: uma abordagem no contexto da usina da UFRN**. 2023. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

DENNIS, Pascal. **Produção lean simplificada**. Grupo A, 2011. *E-book*. ISBN 9788577802913. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788577802913/>. Acesso em: 08 set. 2023.

ESTEBAN, M. D. DIEZ, J. J.; LÓPEZ, J. S.; NEGRO, V. **Why offshore wind energy?** Renewable Energy, v. 36, n. 2, p. 444–450, 2011.

GHINATO, P. Publicado como 2º capítulo do Livro Produção & Competitividade: **Aplicações e Inovações**, Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Edit. da UFPE, Recife, 2000.

LASA, I. S.; CASTRO, R.; LABURU, C. O. Extent of the use of lean concepts proposed for a value stream mapping application. **Production Planning & Control**, v. 20, n. 1, p. 82-98, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/09537280802685322>

LIKER, J; K. **O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.**Porto Alegre: Bookman, 2005.

MARCONI, M. A. LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**, v. 5, 2003.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** 2001. **METODOLOGIA.** 1989. 207 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Usp, São Paulo, 1989.

MOREIRA, Sónia Patrícia da Silva et al. **Aplicação das ferramentas lean: caso de estudo.** 2011. Tese de Doutorado.

RODRIGUES, Luiza Faggion et al. **Análise do planejamento de atividades complexas na construção de usinas fotovoltaicas.** 2021.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção** – do ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: Bookman, 1996.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 195- 219, 2002.

WANG, Z., FAN, W., 2021. **Economic and environmental impacts of photovoltaic power with the declining subsidy rate in China.** Environmental Impact Assessment Review, 87, 106535.

YIN, ROBERT K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2a edição. **Porto Alegre**, 2001.

YIN, Robert K. **Estudo de caso.** Grupo A, 2015. *E-book*. ISBN 9788582602324. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582602324/>. Acesso em: 30 ago. 2023.

ZU, Xingxing; FREDENDALL, Lawrence D.; DOUGLAS, Thomas J. The evolving theory of quality management: the role of Six Sigma. **Journal of operations Management**, v. 26, n. 5, p. 630-650, 2008.

APÊNDICE A – ROTEIRO

1. Gerais

- **Como surgiu a Engie?**
- **Quais foram os fatores que motivaram a instalação da empresa aqui no RN?**
- **Quantas usinas solares o grupo possui?**
- **Quantos funcionários compõem a equipe da Engie?**
- **Qual é a área de operação em km²?**
- **Notei que houve a entrada em operação da usina solar em Assu V, de 30 MW, aqui no Rio Grande do Norte, em 2017. Essa foi a primeira usina solar da empresa?**
- **Como a Engie determina a expansão ou redução de sua área de operação?**

2. Relacionadas ao lean

- **Como a Engie inseriu os princípios do Lean em seus projetos de usinas solares?**
- **Quais são os principais benefícios observados até agora?**
- **Quais processos adotados têm se mostrado mais eficazes na redução de desperdícios e melhoria da eficiência na Engie?**
- **Qual é a abordagem da empresa para maximizar a eficiência e a produção de energia em instalações solares?**
- **Como a Engie avalia os aspectos ambientais e sustentáveis na implementação de projetos de energia solar?**
- **Quais estratégias e ferramentas a Engie utiliza para otimizar o gerenciamento de estoques e logística em seus projetos de usinas solares?**

3. Organograma

- **Como é estruturado o organograma da Engie? Você poderia fornecer uma visão geral das principais divisões e hierarquias?**
- **Como a Engie promove a colaboração entre diferentes áreas e níveis hierárquicos por meio de sua estrutura organizacional?**
- **Como a estrutura organizacional da Engie contribui para uma comunicação eficaz e para a tomada de decisões ágeis?**

4. Processos

- **Qual o principal processo em relação à geração e distribuição de energia?**

- **Como a Engie busca otimizar seus processos para aumentar a eficiência operacional e reduzir os impactos ambientais?**
 - **Quais os principais processos, desde a geração até a entrega final de energia aos consumidores?**
 - **Como a Engie lida com a inovação contínua em seus processos, levando em consideração a evolução das tecnologias e das demandas do mercado?**
5. **Fornecedores:** Em 2020 fechou parceria com a BC energia para a construção de 7 usinas solares.
- **Quais critérios a Engie utiliza para selecionar seus fornecedores de equipamentos e materiais relacionados à construção e a geração de energia?**
6. **Cultura da empresa**
- **Quais são os valores fundamentais que orientam a cultura da Engie como empresa?**
 - **Quais iniciativas a Engie adota para garantir que seus funcionários estejam alinhados com a cultura e os valores da empresa?**

APÊNDICE B – CHECK LIST DAS PRINCIPAIS FERRAMENTAS DO LEAN

FERRAMENTAS	PRINCÍPIOS	APLICABILIDADE
VSM – Mapeamento do Fluxo de Valor;	O mapeamento do fluxo de valor (VSM) é uma ferramenta capaz de representar visualmente todas as etapas envolvidas nos fluxos de material e informação na medida 33 em que o produto segue o fluxo de valor, ajudante na percepção do que agrega realmente valor, desde o fornecedor até ao consumidor (Rother & Shook, 1999).	É uma ferramenta central no lean, qua ajuda a visualizar e analisar todo o fluxo de valor de determinado processo, desde a entrada da matéria prima até a entrega final

5S;	Os objectivos principais desta ferramenta são: melhorar a qualidade dos produtos e/ou serviços; melhorar o ambiente de trabalho e de atendimento ao cliente; melhorar a qualidade de vida dos funcionários; educar para a simplicidade de actos e acções; maximizar o aproveitamento dos recursos disponíveis; reduzir gastos e desperdícios; otimizar o espaço físico; reduzir e prevenir acidentes; melhorar as relações humanas e aumentar a autoestima dos funcionários. Observa-se que estes objectivos estão na sequência do conceito de Lean Thinking. (Moreira, 2011)	Trata-se de uma abordagem de organização e limpeza que visa melhorar a eficiência e segurança do local de trabalho. Os 5S representam: classificar, organizar, limpar, padronizar e sustentar.
-----	--	---

Heijunka;	Ao multiplicar as tarefas, repartindo da melhor forma e uniformizando-as graças a um nivelamento estudado, consegue-se utilizar melhor o tempo de trabalho disponível para a criação de valor, (Jones, 2006). Heijunka permite assim a redução dos diferentes mudas, afectando maior valor à linha de Produção Lean, (Trilogiq, 2008)	Refere-se ao nivelamento da produção, ajudando a reduzir estoques e sobrecargas.
SMED;	A metodologia de Shigeo Shingo (SMED – Single Minute Exchange of Die) foi publicada pela primeira vez no ocidente em 1985, e é referência principal quando se trata de redução dos tempos de setup de máquinas, (Shingo, 1985)	

Poka-Yoke;	Shigeo Shingo introduziu o conceito de Poka Yoke em 1961, quando ele era engenheiro industrial na Toyota Motor Corporation. O termo inicial era baka-yoke, que significa —fool-proofing‖ (à prova de tolos). Em 1963 uma trabalhadora na Arakawa Body Company recusou-se a usar mecanismos baka-yoke na sua área de trabalho, devido ao termo ter uma conotação ofensiva e desonrosa. Assim o termo foi alterado para Poka Yoke, que significa —mistake-proofing‖ (à prova de erros), (Shingo, 1986).	É uma técnica que envolve a criação de um mecanismo à prova de erros que auxilia na prevenção de erros humanos ou problemas de qualidade.
-------------------	--	--

6 Sigma;	Estratégia Seis Sigma é uma extensão dos conceitos da qualidade total com foco na melhoria contínua dos processos, iniciando-se naqueles que atingem diretamente o cliente. A estratégia Seis Sigma não é uma proposta inovadora. Ela aproveita todas as iniciativas de qualidade que já foram implementadas na instituição, harmonizando-as e estabelecendo metas desafiantes de redução de desperdício. A filosofia que sustenta o Seis Sigma é a da melhoria contínua e pode ser aplicada a empresas de todos os tamanhos, nos vários ramos de prestação de serviços ou de produção, seja de capital público ou privado, (Zu, Fredendall, & Douglas, 2008).	Seu principal foco se concentra na redução da variabilidade e na melhoria da qualidade dos processos.
----------	---	--

Kanban;	Com a aplicação desta técnica, o material em processo é limitado e controlado pelo número de cartões em circulação, as necessidades de reposição são identificadas visualmente e a burocracia é eliminada. Essas são algumas vantagens do Kanban. Além disso, a eficácia do sistema pode ser medida através da redução do número de cartões em circulação e também melhora a qualidade do processo produtivo (Artigonal, 2009).	É um sistema de gestão de fluxo de trabalho que auxilia no controle de estoque, reduzindo o excesso de produção e melhorando a eficiência.
---------	---	--

Kaizen;	A ferramenta Kaizen utiliza questões estratégicas com base no tempo. Nesta estratégia, os pontos-chave para a produção ou processos produtivos são: a qualidade (como 49 melhorá-la), os custos (como reduzi-los e controlá-los), e a entrega pontual (como garanti-la). O fracasso de um destes três pontos significa perda de competitividade e sustentabilidade nos atuais mercados globais, (Imai, 2008).	Significa melhoria contínua, se trata de uma filosofia que incentiva todos os funcionários a buscar constantes melhorias em seus processos.
Gestão Visual – Andon SW;	A função do Andon é entre outras características, ser capaz de mostrar o status da produção a toda a organização, através do sistema de gestão visual, informando que um problema existe e que é necessário resolvê-lo num tempo de resposta imediato, (Kamada, 2009)	Se trata de um sistema Andon é um dispositivo visual que permite aos operadores sinalizar problemas de produção ou interrupções imediatamente. Isso ajuda a resolver problemas rapidamente e minimizar interrupções na produção.

TPM	TPM é um método de gestão que identifica e elimina as perdas existentes nos processos produtivos, maximiza a utilização do activo industrial e garante a geração de produtos de alta qualidade a custos competitivos. Desenvolver conhecimentos capazes de reeducar as pessoas para ações de prevenção e melhoria contínua, garantindo o aumento da fiabilidade dos equipamentos e da capacidade dos processos, sem investimentos adicionais, (Firmino, 2002).	O TPM é uma abordagem que visa manter equipamentos e máquinas em boas condições de funcionamento para evitar interrupções na produção.
-----	---	---