

## ANÁLISE DE SUSTENTABILIDADE DO SISTEMA DE CONSTRUÇÃO ENXUTA: ESTUDO DE CASO EM SANTANA DO ARAGUAIA-PA

SUSTAINABILITY ANALYSIS OF THE LEAN CONSTRUCTION SYSTEM: CASE STUDY  
IN SANTANA DO ARAGUAIA-PA

ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA LEAN CONSTRUCTION: ESTUDIO DE  
CASO EN SANTANA DO ARAGUAIA-PA

Cláudia Vasconcelos<sup>1</sup>; Luana Ester Luz Lopes<sup>2</sup>; Naielly Eudira Almeida dos Santos<sup>3</sup>; Anderson  
Abreu Moreira<sup>4</sup>; Ananda da Silva Feitosa<sup>5</sup>.

1. Pós Doutora em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Professora da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA). E-mail: [claudia.vasconcelos@unifesspa.edu.br](mailto:claudia.vasconcelos@unifesspa.edu.br)
2. Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA). E-mail: [luanaester@unifesspa.edu.br](mailto:luanaester@unifesspa.edu.br)
3. Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA). E-mail: [navalmeida210@unifesspa.edu.br](mailto:navalmeida210@unifesspa.edu.br)
4. Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA). E-mail: [andesonmaranhao@gmail.com](mailto:andesonmaranhao@gmail.com)
5. Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA). E-mail: [asfeitosa1996@gmail.com](mailto:asfeitosa1996@gmail.com)

### RESUMO

Este artigo apresenta resultados parciais de pesquisa sobre uma análise de sustentabilidade do sistema de construção enxuta a partir do estudo de caso em Santana do Araguaia-PA. A pesquisa permitiu uma análise sobre o impacto positivo das empresas que atuam no mercado construtivo na região do Araguaia, utilizado esse sistema construtivo. O estudo permitiu avaliar a aplicabilidade do sistema construtivo enxuto, observando o conceito e critério da sustentabilidade no mercado construtivo. O desenvolvimento desta pesquisa ocorreu mediante estudo de caso, entrevistas, aplicação de questionário e coleta/análise de dados de empresas. O trabalho fez uma leitura estruturada da realidade local diante do sistema construção enxuta, que consiste em otimizar a produtividade das obras, desde o planejamento até a sua execução.

### Palavras-Chave

Sustentabilidade; Construção Enxuta; Impacto Positivo; Engenharia Civil; Arquitetura.

## RESUMEN

*Este artículo presenta resultados parciales de investigación sobre un análisis de sustentabilidad del sistema de construcción esbelta a partir de un estudio de caso en Santana do Araguaia-PA. La investigación permitió un análisis del impacto positivo de las empresas que actúan en el mercado de la construcción en la región de Araguaia, utilizando este sistema de construcción. El estudio permitió evaluar la aplicabilidad del sistema lean construction, observando el concepto y criterio de sustentabilidad en el mercado de la construcción. El desarrollo de esta investigación se dio a través de un estudio de caso, entrevistas, aplicación de un cuestionario y recolección/análisis de datos de las empresas. El trabajo realizó una lectura estructurada de la realidad local a la luz del sistema lean construction, que consiste en optimizar la productividad de las obras, desde la planificación hasta la ejecución.*

### **Palabras clave**

*Sostenibilidad; Construcción Esbelta; Impacto positivo; Ingeniería Civil; Arquitectura..*

### **ABSTRACT**

*This article presents partial research results on a sustainability analysis of the lean construction system based on a case study in Santana do Araguaia-PA. The research allowed an analysis of the positive impact of companies that operate in the construction market in the Araguaia region, using this construction system. The study allowed evaluating the applicability of the lean construction system, observing the concept and criterion of sustainability in the construction market. The development of this research took place through a case study, interviews, application of a questionnaire and collection/analysis of data from companies. The work carried out a structured reading of the local reality in light of the lean construction system, which consists of optimizing the productivity of works, from planning to execution.*

### **Key Words**

*Sustainability; Lean Construction; Positive Impact; Civil Engineering; Architecture.*

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Agopyan e John (2011), a palavra sustentabilidade tem sido utilizada em diferentes contextos, como sinônimo de certificação de qualidade construtiva com preocupação e consciência ambiental. Esse uso superficial do termo na realidade permite o distanciamento da preocupação com o que de fato significa ser sustentável. De modo que se observa um crescente uso vazio da palavra nos mais variados meios de comunicação, simplesmente para impactar campanhas de propaganda do potencial das edificações no mercado imobiliário.

Para Corrêa (2009), a sustentabilidade nada mais é que o modo de vida ou do viver de uma sociedade, de um grupo ou de um sistema. Esse aspecto de manter vivo ou em funcionamento, utilizando-se recursos próprios em condições necessárias e possíveis, sem desperdícios ou com impacto negativo socioambiental.

A visão global de sustentabilidade faz com que a palavra seja, frequentemente, mencionada e relacionada com a mitigação de consequências climáticas. A falta de gerência dos recursos naturais mundiais ou controle dos impactos negativos geram insegurança às gerações futuras de espécies necessárias para o meio ambiente.

A (in)sustentabilidade no ambiente construído e os níveis de impactos negativos ao meio ambiente permite mensurar realidades que sofrem ou não respondem a demandas de projetos mais conscientes com as expectativas e conceitos sustentáveis. Os projetistas e os profissionais responsáveis pela execução da obra precisam buscar maior cooperação para a tomada de decisão mais assertiva, considerando requisitos sustentáveis, como por exemplo, as especificidades climáticas, as peculiaridades locais, a origem dos recursos, a redução de resíduos, o descarte consciente, a geração de renda e a igualdade de gênero.

O artigo busca analisar a sustentabilidade do sistema de construção enxuta do município de Santana do Araguaia-PA, na região do Araguaia. Essa análise no mercado construtivo considerou desde o planejamento até o decorrer da execução e o pós-construção, caracterizando o uso, a manutenção e a demolição da edificação, após o término de seu ciclo de vida.

Para Severiano (2021), a construção enxuta consiste no uso de sistemas e técnicas com sustentabilidade para a realização de ações mais eficazes, que permitem efetivamente a viabilidade da redução de impactos negativos ao meio ambiente. Essa prática pode proporcionar qualidade de vida à sociedade, e com isto impacto positivo ao meio ambiente.

A estrutura deste trabalho está disposta na contextualização e definição da sustentabilidade na construção e suas analogias. Na sequência consta uma abordagem sobre o sistema Construção Enxuta com o propósito de esclarecimentos conceituais. Essa revisão do estudo permite a fundamentação da análise proposta, para o protocolo e a replicação em estudos de caso, considerando as seguintes etapas: coleta de dados, aplicação do questionário, bem como análise e discussão de resultados da pesquisa.

## 2 A SUSTENTABILIDADE E O SISTEMA CONSTRUÇÃO ENXUTA

A sustentabilidade no sistema construção enxuta permite o uso de ferramentas que proporcionam melhorias no processo construtivo com a aplicação de protocolos, considerando critérios de simplificação e padronização. As ferramentas mais comuns utilizadas são, o *Kanban*, o *Last Planner* e o *Andon*, que auxiliam na implementação do sistema de modo mais eficaz no mercado construtivo.

Para Santos *et al* (2020), o sistema *Kanban* consiste no uso de cartões coloridos para representar as informações essenciais em planilhas simplificadas. Esse sistema foi desenvolvido e implantado por empresas japonesas, para o controle de materiais utilizados, com a indicação do fluxo de produção, simplificando etapas para evitar atrasos nos mais diversos setores. As diferentes cores dos cartões indicam informações quanto à situação de do quantitativo do material no estoque, conforme apresentado no Quadro 1.

### Quadro 1

Mapeamento do controle de estoque tipo Kanban.

| CONTROLE DE ESTOQUE     |                |                | DATA: _____    |               |          |
|-------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------|
| MATERIAL                | UNID.          | CONSUMO DIÁRIO | ESTOQUE MÍNIMO | ESTOQUE ATUAL | SITUAÇÃO |
| Areia                   | m <sup>2</sup> | -              | -              | -             |          |
| Bloco Cerâmico 09x19x19 | un             | 990            | 5.000          | 4.000         |          |
| Cal                     | sc             | -              | -              | -             |          |
| Cimento                 | sc             | -              | -              | -             |          |
| Ferro                   | Kg             | 200            | 1.000          | 1.000         |          |
| Fiação                  | m              | -              | -              | -             |          |

Fonte: adaptado de Souto Filho (2017).

Segundo Olivieri, Granja e Picchi (2016), o modelo de ferramenta *Last Planner* permite o acompanhamento da execução do planejamento da obra, como disposto no Quadro 2. Essa ferramenta permite a simplificação das etapas de trabalho, facilitando a visualização global do desenvolvimento e finalização da obra, como por exemplo, etapa, local de execução, equipe responsável, prazo, realização e situação. A organização das informações permite o controle e o acompanhamento das fases, bem como a antecipação de pontos críticos, com resposta imediata para a melhor solução dentro do possível e limitações do local.

## Quadro 2

Síntese do planejamento a curto prazo.

| Item | Pacote de trabalho              | Local |       |                | Equipe              | Responsável |            | Status | Dias da semana |    |    |    |    |    |    | % Realizado | Causas atraso / sucesso |                    |
|------|---------------------------------|-------|-------|----------------|---------------------|-------------|------------|--------|----------------|----|----|----|----|----|----|-------------|-------------------------|--------------------|
|      |                                 | Torre | Pavto | Unidade        |                     | Empresa     | Mestre     |        | 9              | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |             |                         |                    |
|      |                                 |       |       |                |                     |             |            |        | S              | T  | Q  | Q  | S  | S  | D  |             |                         |                    |
| 1    | Grauteamento das alvenarias     | A     | 3     | 31 e 32        | Oficial 1<br>Ajud 1 | A           | Arthur     | Prev.  | ■              |    |    |    |    |    |    |             | 100,00%                 | Sucesso            |
| 2    | Colocação da escada pré-moldada | A     | 3     |                | Oficial<br>Ajud 1   | A           | Arthur     | Prev.  | ■              |    |    |    |    |    |    |             | 100,00%                 | Sucesso            |
| 3    | Montagem do escoramento da laje | A     | 3     |                | Oficial<br>Ajud 2   | B           | João Paulo | Prev.  |                | ■  |    |    |    |    |    |             | 100,00%                 | Sucesso            |
| 4    | Montagem de laje pré-moldada    | A     | 3     |                | Oficial 1<br>Ajud 1 |             | João       | Prev.  |                | ■  |    |    |    |    |    |             | 100,00%                 | Sucesso            |
| 5    | Montagem de laje pré-moldada    | A     | 3     |                | Oficial 1<br>Ajud 1 |             |            | Prev.  |                | ■  |    |    |    |    |    |             | 100,00%                 | Sucesso            |
| 6    | Montagem de laje pré-moldada    | A     | 3     |                | Oficial 1<br>Ajud 1 | D           | Márcio     | Prev.  |                | ■  |    |    |    |    |    |             | 90,00%                  | Atraso de material |
| 7    | Montagem de laje pré-moldada    | A     | 3     |                | Oficial 2<br>Ajud 2 | C           | Paulo      | Prev.  |                |    | ■  |    |    |    |    |             | 70,00%                  | Predecessora       |
| 8    | Montagem de laje pré-moldada    | A     | 4     | 41 e 42        | Oficial 2<br>Ajud 2 | A           | Arthur     | Prev.  |                |    |    | ■  |    |    |    |             | 50,00%                  | Predecessora       |
| 9    | Montagem da proteção periférica | A     | 8     | fachadas 1 e 2 | Oficial<br>Ajud 2   | A           | Arthur     | Prev.  |                |    |    |    | ■  |    |    |             | 50,00%                  | Chuva              |

Fonte: Olivieri, Granja e Picchi (2016).

A planilha de fluxo de desenvolvimento da obra deve ser atualizada a cada etapa, e não somente após sua conclusão. Essa ação permite evitar a perda de importantes informações, seja por esquecimento ou por passarem despercebidas, causando complicações ou falhas de execução construtiva (OLIVIERI; GRANJA; PICCHI, 2016).

Para Almeida e Picchi (2018), a relação do sistema de construção enxuta com a sustentabilidade pode favorecer o ambiente construído, considerando o aumento dos índices de construção verde. Os projetos e as construções podem ser considerados conscientes, quando comportam os três níveis sustentáveis, o econômico, o ambiental e o social/cultural.

Na sequência o trabalho dispõe de uma breve contextualização da sustentabilidade na construção e o sistema construção enxuta. Ao mercado construtivo cabe o comprometimento por construções mais conscientes, organizadas e, conseqüentemente, com menor custo e com um impacto positivo ao meio ambiente, considerando que buscam reduzir o desperdício e o retrabalho.

### 2.1 Sustentabilidade na Construção

A sustentabilidade na construção busca a preservação do meio ambiente natural, assim como, o uso racional e otimizado dos recursos naturais não renováveis. Essa matemática

de uso dos recursos permite a racionalidade e padronização da análise de critérios sustentáveis, desde a especificação de materiais até a viabilidade de processos construtivos.

Para Kurek et al (2013), a sustentabilidade pode ser ações práticas que impactam de modo positivo o meio ambiente. Segundo o Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais da USP, em seu Laboratório de Sustentabilidade (LaSSu), o termo sustentável provém do latim *sustentare*, com os seguintes significados: sustentar, defender, favorecer, apoiar, conservar e cuidar.

Desse modo, os impactos positivos podem ser considerados o atendimento às necessidades da sociedade, considerando substituir o uso de recursos naturais com fontes esgotáveis, por materiais alternativos ou o uso de forma consciente dos materiais. As práticas sustentáveis na construção podem trazer vantagens para o construtor ou o proprietário, considerando incentivos fiscais, por exemplo.

O empreendimento pode ser considerado sustentável a longo, médio e curto prazo, desde que sejam aplicadas algumas práticas, conforme disposto no Quadro 3. Essas diretrizes permitem um *check list* simplificado para a compreensão e a valorização do cumprimento de requisitos que impactam de modo positivo o meio ambiente.

### Quadro 3

Síntese de diretrizes da sustentabilidade.

| N. | DIRETRIZES                | DESCRIÇÃO   |
|----|---------------------------|---|
| 01 | Materiais sustentáveis    | uso de materiais com fonte de origem certificada, como por exemplo, a madeira de florestas plantadas e painéis de fibra de coco                                   |
| 02 | Eficiência energética     | uso de painéis solares, elementos construtivos que favoreçam a iluminação natural para reduzir o consumo de energia   |
| 03 | Sistemas de reuso de água | implementação de sistemas de reuso de água, como por exemplo, a construção de cisterna para captação da chuva, direcionada ao atendimento do sistema de irrigação |
| 04 | Redução de desperdícios   | torna possível a economia de custos e recursos da construção  |

| N. | DIRETRIZES         | DESCRIÇÃO   |
|----|--------------------|---|
| 05 | Isolamento térmico | auxilia na redução do consumo de energia, para que os edifícios fiquem menos expostos às variações de temperatura |

Fonte: Santos *et al* (2020).

Dessa maneira, toda ação que busca novas práticas, ou práticas mais conscientes, provocam mudanças que podem transformar a cultura tecnológica da construção. Esse paradigma pode comportar desde as pequenas ações até as de média e grande escala, como por exemplo, a especificação de materiais sustentáveis, podem minimizar o impacto negativo de geração de resíduos, assim como o descarte inapropriado que comprometem não só o entorno imediato, mas a cidade como um todo.

## 2.2 Construção Enxuta

O sistema de construção enxuta permite uma produção mais limpa comparada ao convencional, assim como a maior celeridade de execução do produto. Segundo Consoni (2004), a Toyota desenvolveu esse sistema na década de 1940, na busca da simplificação e da otimização da construção, a partir de processos padronizados e uso de materiais pré-fabricados. O sistema de encaixe e conexões foi essencial para minimizar desperdícios e aumentar a produtividade, sendo determinante para a viabilidade do processo. Também se buscou protocolos de operações mais simplificadas, seja de atividades ou de tarefas, para permitir o aumento da eficiência e da eficácia do processo produtivo.

A confiabilidade do mercado construtivo pode ocorrer mediante o uso de processos e de técnicas que permitem a redução de desperdícios. As discussões sobre inovações no setor construtivo, em especial no canteiro de obras, permitem uma reestruturação da organização para o planejamento da obra, com critérios mais eficazes.

Segundo Nunes *et.al.* (2022), a logística de produção do mercado construtivo ainda é relativamente precária, considerando que o setor continua um potencial produtor de resíduos sólidos. O investimento empresarial ou governamental em processos produtivos mais enxutos e com menos desperdícios ainda se trata de uma realidade relativamente baixa.

A implantação da construção enxuta permitiu a formatação de protocolos para o gerenciamento da obra, considerando princípios e implicações nas relações comerciais, empresariais, de construtoras e de empreiteiras (HOWELL, 1999). A Figura 1 apresenta os

fluxos produtivos desse sistema, como impactos positivos, considerando desde a concepção de projetos até o planejamento e o controle da produção do ambiente construído.

**Figura 1**

Impactos positivos da Construção Enxuta.



Fonte: elaborado pelos autores.

A política de gestão do sistema de construção enxuta permite o monitoramento somente de algumas etapas de execução do empreendimento. Ressaltando que por vezes os processos encontram-se sem continuidade, ou sem cooperação, entre as partes ou equipes de trabalho. No Quadro 4, estão dispostas as etapas gerais para a execução da obra, com esse sistema construtivo relacionados com a diretrizes da sustentabilidade.

**Quadro 4**

Síntese de diretrizes da sustentabilidade.

| N. | DIRETRIZES   | DESCRIÇÃO  |
|----|--------------|--|
| 01 | Planejamento | análises das etapas da obra, podendo sofrer mudanças antes mesmo da execução, observando o orçamento limite, as características da obra, os tipos de profissionais e a qualidade de mão de obra. |
| 02 | Mão de obra  | a mão de obra qualificada ou especializada, considera profissionais que executam as atividades em menor tempo e oferecem qualidade no resultado final.   |

| N. | DIRETRIZES   | DESCRIÇÃO  |
|----|--------------|--|
| 03 | Materiais    | a qualidade, a durabilidade, a segurança, o resultado estético satisfatório, o menor desperdício e, conseqüentemente, a redução de custos. |
| 04 | Fornecedores | os bons fornecedores oferecem segurança, cumprem os prazos e asseguram negociação de um possível problema relacionado à compra.            |

Fonte: elaborado pelos autores.

Segundo Consoni (2004), na indústria automobilística, a produção enxuta é adotada com sucesso, pois todo o processo é largamente dependente da integração e cooperação entre as áreas funcionais, de maneira que a empresa procura sempre exercer suas atividades de maneira paralela, evitando o sequenciamento e detecção de possíveis falhas somente ao final do processo.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este artigo consiste em uma pesquisa aplicada ao mercado construtivo de Santana do Araguaia-PA, com a apresentação de resultados parciais de estudo de caso para a análise de sustentabilidade na construção, particularmente o sistema de construção enxuta. No levantamento de dados pode-se caracterizar o mercado construtivo da cidade com o perfil de pequeno porte. O objetivo do estudo foi analisar os impactos positivos desse sistema construtivo, apresentando os benefícios relacionados as edificações, a partir da perspectiva dos construtores, uma amostra representativa da região sul do Pará.

A análise quantitativa da pesquisa foi realizada no município de Santana do Araguaia-PA, considerando o eixo de atuação do *Campus* de Santana do Araguaia da UNIFESSPA. Os procedimentos adotados foram os seguintes: entrevistas semiestruturadas e aplicação de questionário *online* para mapeamento e compreensão da perspectiva dos construtores.

As questões foram direcionadas às construtoras que adotam ambos os sistemas construtivos, o convencional e o enxuto, para que os entrevistados tivessem o conhecimento e a prática de ambos os processos produtivos, possibilitando o comparativo dentre os processos, os mais simplificados e com menos desperdícios.

No Quadro 5 pode-se observar o uso de diferentes cores de cartões para atribuição de condições diversas da produção ou do andamento do cronograma de obras. Nesse quadro também é possível observar a relação direta do código das cores com as cores do semáforo de trânsito para o direcionamento do fluxo de serviços, tarefas e atividades no decorrer da obra, para facilitar a leitura rápida e simplificada.

### Quadro 5

Modelo de planilha *Andon Lean*.

| CÓDIGO DE CORES | CONDIÇÃO           | AÇÃO   |
|-----------------|--------------------|--|
|                 | Produção excelente | Parabéns, mantenha o nível de excelência.                          |
|                 | Produção normal    | Prossiga para o próximo passo.                                     |
|                 | Problema aparente  | O problema não pode ser identificado, precisa de uma investigação. |
|                 | Produção parada    | A operação precisa da verificação do supervisor.                   |
|                 | Produção reprovada | A operação foi reprovada e requer ajustes e retrabalho.            |

Fonte: elaborado pelos autores.

No Quadro 6 consta a apresentação da equivalência de indicadores, conceitos e desempenho adotados neste trabalho, que trata de estudo piloto para a análise de sustentabilidade do sistema de construção enxuta, desenvolvido no curso de Engenharia Civil, do Instituto de Engenharia do Araguaia (IEA), da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA). A sistematização dos dados buscou a simplificação do protocolo dessa análise, mediante a padronização e a automação de planilhas para a geração dos resultados, assim como a curadoria dos dados e a análise formal da investigação.

### Quadro 6

Equivalência de indicadores, conceitos e desempenho da construção.

| INDICADOR | CONCEITO     | DESEMPENHO     | SITUAÇÃO                          |
|-----------|--------------|----------------|-----------------------------------|
| 1         | Muito Baixo  | Muito Precário | Muito precariamente adequado      |
| 2         | Insuficiente | Precário       | Precariamente adequado            |
| 3         | Regular      | Parcial        | Parcialmente adequado             |
| 4         | Bom          | Adequado       | Atende aos requisitos             |
| 5         | Excelente    | Supera         | Atende plenamente as expectativas |

Fonte: elaborado pelos autores.

O trabalho permitiu quantificar e sistematizar os dados obtidos conforme os critérios, de caracterização da realidade local diante do sistema Construção Enxuta, possibilitando a análise de impactos positivos e negativos ocorridos no decorrer do processo de construção. O procedimento enfatizou os processos inovadores que buscam minimizar falhas, bem como, proporcionar a implantação de boas práticas a serem utilizadas para execução do ambiente construído.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise de sustentabilidade na construção com enfoque na construção enxuta possibilitou um estudo acadêmico no mercado da região do Araguaia, considerando construtoras que atuam em Santana do Araguaia-PA. O protocolo metodológico permitiu a sistematização do estudo com um comparativo entre as construções que utilizam o sistema convencional e a construção enxuta, observando etapas e atributos pré-definidos.

A revisão de literatura consultada, assim como o estudo de campo, mostrou que a sociedade tem aceitado de modo corriqueira, passivo e muito facilmente, a produção de resíduos na construção. No entanto, se observa uma mudança ou a tentativa de quebra desse paradigma, pois na atual conjuntura, parte da população e empresas tem buscado uma visão crítica sobre o assunto, com a proposição de projetos mais conscientes.

O quesito de sustentabilidade na construção passou a agregar valor no mercado imobiliário. Essa especulação torna o mercado construtivo mais provocativo e inovador com relação a oferta do ambiente construído com atributos sustentáveis e mais eficientes, considerando questões de energia, planejamento de obras, canteiro de obras, preocupação ambiental.

A questão de desperdício de material, retrabalho e o volume da produção de resíduos, ainda, permanece recorrente no mercado local de construção, causando impacto negativo ao meio ambiente. O comprometimento com a redução de resíduos sólidos ou o seu descarte adequado, ainda é uma meta que se faz necessária para a gestão, licenciamento e fiscalização das obras. Nessa perspectiva, a construção verde pode possibilitar o reforço das potencialidades do meio ambiente, considerando a redução do consumo de recursos, limitar as emissões de gases e reduzir o nível de ruídos e de poluição.

Para a determinação do sistema construtivo deve-se analisar quesitos que possam proporcionar o impacto positivo socioambiental. O sistema de construção enxuta permite a otimização e a celeridade da obra, evitando um alto índice de desperdício não só de material, mais também de tempo de execução.

As principais causas de atraso de obras no mercado construtivo analisado, conforme a aplicação de questionário, bem como dentre os atributos com menor performance constam os seguintes: projeto, assim como aquisição e qualidade de material, conforme pode ser observado no Quadro 7. Vale salientar que a logística dos fornecedores de materiais compreende o circuito de Paraíso do Tocantins-TO, Palmas-TO e Brasília-DF. Esse eixo econômico geográfico permite maior a viabilidade para as construtoras locais devido a maior proximidade do município.

#### Quadro 7

Resultados dos níveis de Construção Enxuta.

| N. | ATRIBUTO                           | INDICADOR |        |        |       |      | CONCEITO     | DESEMPENHO |
|----|------------------------------------|-----------|--------|--------|-------|------|--------------|------------|
|    |                                    | 1         | 2      | 3      | 4     | 5    |              |            |
| 01 | Treinamento                        | Red       | Orange | Yellow | Green | Blue | Excelente    | Supera     |
| 02 | Planejamento                       | Red       | Orange | Yellow | Green | Blue | Excelente    | Supera     |
| 03 | Padronização                       | Red       | Orange | Yellow | Green | Blue | Excelente    | Supera     |
| 04 | Equipamentos                       | Red       | Orange | Yellow |       |      | Regular      | Parcial    |
| 05 | Parada para manutenção             | Red       | Orange | Yellow |       |      | Regular      | Parcial    |
| 06 | Projeto                            | Red       | Orange |        |       |      | Insuficiente | Precário   |
| 07 | Execução                           | Red       | Orange | Yellow | Green | Blue | Excelente    | Supera     |
| 08 | Aprovação e licenciamento          | Red       | Orange | Yellow |       |      | Regular      | Parcial    |
| 09 | Aquisição do material              | Red       | Orange |        |       |      | Insuficiente | Precário   |
| 10 | Qualidade do material              | Red       | Orange |        |       |      | Insuficiente | Precário   |
| 11 | Quantidade de material no canteiro | Red       | Orange | Yellow | Green |      | Bom          | Adequado   |
| 12 | Processo de trabalho               | Red       | Orange | Yellow |       |      | Regular      | Parcial    |
| 13 | Prazo de construção                | Red       | Orange | Yellow |       |      | Regular      | Parcial    |
| 14 | Retrabalho                         | Red       | Orange | Yellow | Green |      | Bom          | Adequado   |
| 15 | Entrega da obra                    | Red       | Orange | Yellow |       |      | Regular      | Parcial    |

Fonte: elaborado pelos autores.

A amostra dos principais sistemas construtivos adotados no mercado local de Santana do Araguaia-PA. As imagens retratam o Distrito de Barreira de Campos, que apresenta diferentes obras, com processos distintos, porém de uma mesma construtora, como pode ser observado na Figura 2. Nesses sistemas de construção também se verificou a diferença de usos, demanda do cliente e de teto orçamentário.

**Figura 2**

Sistemas Construtivos: a) Convencional; e b) Construção Enxuta.



Fonte: elaborado pelos autores.

Neste estudo foi observado que o sistema de construção enxuta ainda não agrega valor ao produto final, mesmo que, permitem etapas que evitam desperdícios e minimizam erros recorrentes que podem ocasionar o retrabalho, e com isso aumentar o custo da obra final. A análise permitiu pontuar com indicadores os processos que causam prejuízos à construção, ou seja, os pontos críticos, a fim de eliminar ou diminuir a sua influência no produto final. No Quadro 9 estão dispostos os impactos positivos observados na etapa de coleta de dados, considerando a perspectiva dos construtores.

**Quadro 8**

Impacto positivo da Construção Enxuta.

| N. | BENEFÍCIOS   | DESCRIÇÃO   |
|----|--|---|
| 01 | Redução de desperdício                               | Uso de tecnologias que calculam a quantidade de materiais em uma obra, com a otimização dos processos para a organização do canteiro de obras. Essa redução de desperdício vai além dos materiais ou diminuição dos resíduos, mas também considera o tempo e a mão de obra. |
| 02 | Inovação e reaproveitamento de materiais e processos | Permite a identificação e análise de diversos materiais e fornecedores, bem como estimula a pesquisa e uso de sistemas vernaculares.  |
| 03 | Aumento da produtividade                             | Otimiza a produtividade considerando a crescente quantidade de trabalho realizado num determinado tempo reduzido. Ressaltando a premissa de produzir mais em menos tempo, sem afetar a qualidade final do produto.  |

| N. | BENEFÍCIOS                 | DESCRIÇÃO  |
|----|----------------------------|--|
| 04 | Logística e transporte     | Mapeamento de possíveis problemas, considerando rotas, mobilidade e acessibilidade da entrega de materiais nas diferentes frentes de trabalho, considerando o cronograma de atividades, bem como evitar a precariedade das condições de deslocamentos. |
| 05 | Redução de custos          | Pode ser consequência da redução de desperdícios e do aumento da produtividade, de modo direto os recursos humanos, os materiais e o tempo de finalização da obra.   |
| 06 | Redução de variabilidade   | Estabelecimento de critérios de produção e padrões para se atingir o mesmo nível de qualidade, considerando o fluxo de trabalho, para que seja contínuo e previsível.  |
| 07 | Cumprimento de prazos      | Acompanhamento e controle na execução das etapas da obra, considerando que o mais comum é que não fique pronta dentro do prazo estabelecidos no projeto.   |
| 08 | Simplificação de processos | Automatiza etapas, reduz o desperdício de tempo, qualificação da mão de obra e eliminação de atividades desnecessárias. Essa redução do tempo gasto na obra pode viabilizar o cumprimento de prazos.   |

Fonte: elaborado pelos autores.

Dessa maneira, o trabalho permitiu uma análise quantitativa dos sistemas construtivos adotados no mercado imobiliário santanense, observando a transição do sistema convencional para o de construção enxuta, ou seja, uma substituição gradativa, da alvenaria convencional para construção seca. O estudo também observou que aspectos de mão de obra e uso de materiais inovadores tem potencializado a aceitação desse sistema pela comunidade, que a princípio tinham receios e desconfianças quanto a durabilidade e o desempenho, quando comparado ao sistema convencional.

## 5 CONCLUSÕES

O trabalho apresentou resultados parciais da análise de sustentabilidade do sistema de construção enxuta, considerando o mercado construtivo de Santana do Araguaia-PA. O

estudo apresentou que esse sistema, em particular, possibilita impactos positivos do mercado construtivo, não só referente ao meio ambiente, mas na maior eficiência dos processos da construção e no canteiro de obras. O controle de estoque trata de um ponto crítico, que requer ajustes criteriosos, tanto na especificação de quantitativo de materiais, quanto às frentes de trabalho, conforme identificado a partir da aplicação do questionário.

A construção enxuta ainda se encontra em estágio inicial nesse mercado local, sendo que o contexto das empresas pioneiras se concentra em fase de experimentação na busca por prerrogativas, com inovação tecnológica, que proporcionem bons indicadores. Dessa maneira, constatou-se que a aplicação desse processo inovador proporciona melhorias e reduz desperdícios na execução de obras. As etapas construtivas asseguram um fluxo de atividades e de tarefas que permitem o uso de atributos sustentáveis, com vantagens e viabilidade técnica e econômica, tanto aos construtores, quanto aos proprietários dos empreendimentos.

O sistema de construção enxuta comporta atributos da sustentabilidade, com impacto positivo que considera questões de previsão e redução de desperdícios no setor construtivo, na sociedade e no meio ambiente. A sustentabilidade na construção de modo equivocado pode ser associada apenas a questão teórica, ou de simples fundamentação conceitual, dos projetos, muitas das vezes exclusivamente para o licenciamento das obras.

Vale ressaltar que este trabalho obteve resultados com limitações pautadas à perspectiva dos construtores, observando que não houve a avaliação da perspectiva dos proprietários ou usuários finais dos imóveis construídos a partir desse sistema. Portanto, dentre a perspectiva dos construtores o sistema apresenta soluções com viabilidade técnica e econômica, que permite a construção com impacto positivo ambiental, responsabilidade e compromisso socioeconômico.

### **Agradecimentos**

A equipe de trabalho do Escritório Modelo de Engenharia Civil (EMEC) e do Programa de Educação Tutorial da Engenharia Civil (PET/ECV); ao Grupo de Pesquisa Paisagem Urbana e Sistemas Construtivos (PUSC); a UNIFESSPA que disponibilizou bolsas mediante os seguintes editais: PIBIC/FAPESPA-2023, PIBITI/FAPESPA-2023, PIBIC/PNAES-2022, PIBITI/ PNAES-2022; a FAPESPA pelo apoio financeiro categoria internacional; a FUNAPE pelo convênio firmado e apoio de gestão financeira; e as construtoras participantes do trabalho.

### Contribuições dos autores

CV: Administração do Projeto, Supervisão, Obtenção de Financiamento, Recursos, Conceituação, Análise Formal, Validação, Escrita – Revisão e Edição. LELL: Investigação, Visualização, Curadoria de Dados, Escrita – Primeira Redação. NEAS: Investigação, Metodologia, Escrita – Primeira Redação. AAM: Investigação e Visualização. ASF: Curadoria de Dados, Metodologia, Análise Formal.

### REFERÊNCIAS

- AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley M. O desafio da sustentabilidade na construção civil. Org. José Goldemberg. São Paulo: Bucher, 2011.
- ALMEIDA, E. L. G. de; PICCHI, F. A. Relação entre construção enxuta e sustentabilidade. Ambiente Construído. Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 91-109, jan./mar. 2018.
- CONSONI, F. L. Da tropicalização ao projeto de veículos: um estudo das competências em desenvolvimento de produtos nas montadoras de automóveis no Brasil. Campinas, SP. 2004. Tese (Doutorado). UNICAMP.
- CORRÊA, Lázaro Roberto. Sustentabilidade na construção civil. Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia de Materiais e Construção – Curso de Especialização em Construção Civil. Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 2009.
- DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO E SISTEMAS DIGITAIS DA USP. Conceituação. São Paulo: LASSU, s/a. Disponível em: < <https://bit.ly/3Gz7d5c>>. Acesso em: 11 jan 2023.
- HOWELL, G. Whats is Lean Construction. In Annual Conference of the Internacional Group for Lean Construction, 7, 26-28 Jul, 1999. Berkeley (CA).
- KUREK, Juliana. PANDOLFO, Luciana M. PANDOLFO, Adalberto. RINTZEL, Rodrigo. TAGLIARI, Leandro. Implantação dos princípios da construção enxuta em uma empresa construtora. Revista da Arquitetura da IMED, v.2, n.1, 2013, p. 20-36, ISSN 2318-1109.
- NUNES, Patrick Martins. Aplicabilidade do Sistema Lean Construction na indústria da construção civil. Trabalho final de curso em Engenharia. Centro Universitário Ritter dos Reis. Porto Alegre, 2022.
- OLIVIERI, H.; GRANJA, A. D.; PICCHI, F. A. Planejamento tradicional, Location-Based Management System e Last Planner System: um modelo integrado. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 265-283, jan./mar. 2016.
- SANTOS, L. L. et al. CONSTRUÇÃO ENXUTA APLICADA À CONSTRUÇÃO CIVIL. REDE - Revista Expressão da Estácio. São Paulo. n.13-26. 2020.
- SEVERIANO JUNIOR, W. O. Construção Verde: Emprego de Recursos Renováveis na Construção Civil. Revista Ibero-americana De Humanidades, Ciências E Educação, 7(7), 792–807, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.51891/rease.v7i7.1719>. Acesso em: 30 nov. de 2022.