


OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM CASO SOBRE A VIABILIDADE DO LEAN CONSTRUCTION EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES

PROCESS OPTIMIZATION IN CIVIL CONSTRUCTION: A CASE ON THE FEASIBILITY OF LEAN CONSTRUCTION IN SINGLE-FAMILY HOMES

Gabriel Augusto Xavier Bicalho¹ 

Yã Grossi Andrade² 

Renato Luiz Costa dos Anjos³ 

Tays Torres Ribeiro das Chagas⁴ 

Resumo: O *Lean Construction* possibilita repensar os processos da construção civil impactando a redução de desperdícios, sejam eles financeiros, de tempo ou mão de obra. Embora seus benefícios sejam mais evidentes em residências multifamiliares, que oferecem maior potencial dada a repetição de processos, este estudo tem como objetivo verificar a viabilidade da aplicação da filosofia *lean* em substituição a métodos tradicionais na construção de uma residência unifamiliar. Esse tipo de projeto, por sua natureza, envolve uma escala menor e personalizada, de forma que a ausência de repetição de processos pode ser uma barreira as economias de escala. A metodologia adotada é o estudo de caso, que será ilustrada por uma residência unifamiliar padrão normal, no qual será investigada alternativas visando diminuir desperdícios de cinco etapas da construção (concretagem, fechamentos interno e externo, contrapiso e piso). A análise comparativa de métodos construtivos mais enxutos com os métodos tradicionais considerou a utilização de mão de obra e os custos gerais. Os resultados mostram que, com exceção do contrapiso, a aplicação de princípios mais enxutos trouxe benefícios significativos, tendo o potencial de reduzir 257,71 horas de mão de obra nos processos estudados. Esse ganho de maior agilidade na construção pode ser alcançado com um investimento adicional de R\$ 3.919,99, representando um aumento de 7,7% se comparado aos custos dos métodos tradicionais.

Palavras-chave: Lean construction. Residências unifamiliares. Viabilidade. Otimização. Etapas da construção.

Abstract: Lean Construction enables the rethinking of construction processes, impacting the reduction of waste, whether financial, time-related, or labor-related. Although its benefits are more evident in multifamily housing, which offers greater potential due to process repetition, this study aims to assess the feasibility of applying the lean philosophy as a replacement for traditional methods in the construction of a single-family residence. This type of project, by its nature, involves a smaller and more customized scale, meaning that the lack of process repetition can be a barrier to economies of scale. The adopted methodology is a case study, illustrated by a

¹ Graduado, UFOP, gabriel.xavier@aluno.ufop.edu.br

² Doutor, UFOP, ygrossi28@gmail.com

³ Graduando, UFOP, renatolcanjos@gmail.com

⁴ Doutora, UFOP, tays.chagas@ufop.edu.br

standard single-family residence, in which alternatives will be investigated to reduce waste in five building stages (concreting, internal and external enclosures, subfloor, and flooring). The comparative analysis of leaner construction methods versus traditional methods considered labor use and overall costs. The results show that, except for the subfloor, the application of leaner principles brought significant benefits, with the potential to reduce 257.71 labor hours in the studied processes. This gain in construction speed can be achieved with an additional investment of R\$ 3,919.99, representing a 7.7% increase compared to the costs of traditional methods.

Keywords: Lean construction. Single-family homes. Feasibility. Optimization. Building Stages.

1 INTRODUÇÃO

Atendendo à demanda por construções civis mais ágeis e economicamente viáveis, este estudo foca na otimização de processos e na melhoria da gestão de obras com o fim de maximizar a eficiência e reduzir desperdícios. O *Lean Construction* vem como alternativa aos métodos tradicionais para reduzir desperdícios, acelerar a construção e agregar valor ao produto final. A aplicação de métodos mais enxutos é vista com mais frequência em projetos multifamiliares e edifícios de grande porte (SANTOS, 2021; JÚNIOR, GERALDO, 2018; LUCENA, 2020), dado que a padronização dos serviços facilita a replicação dos processos e possíveis ganhos de escala. Contudo, tais ganhos não são tão evidentes em residências unifamiliares, dada a singularidade da obra e a menor presença da replicação de processos. Logo, a variabilidade dos requisitos de cada cliente pode dificultar os ganhos de uma maior agilidade e na redução dos desperdícios de uma obra.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo é verificar a viabilidade da aplicação total ou parcial de princípios do *lean construction* em substituição aos métodos tradicionais para a construção de uma residência unifamiliar. Para tal, a metodologia adotada será o estudo de caso, ilustrada por uma residência de tamanho médio, de dois pavimentos, e serão analisados cinco processos construtivos: concretagem, fechamento interno e externo, contrapiso e piso.

Assim, visando verificar a eficiência e a viabilidade de métodos mais enxutos em uma obra de menor escala e maior personalização, as variáveis que serão comparadas serão as horas de mão de obra e os custos necessários para a execução.

2 O LEAN CONSTRUCTION E OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS

O *Lean Construction* (LC), derivada do *Lean Manufactory*, busca a otimização dos processos, a redução de desperdícios e o aumento da produtividade. Sua aplicação ajuda a melhorar processos construtivos, por exemplo, reduzindo estoques, aumentando a velocidade da construção e promovendo a economia de materiais, beneficiando tanto construtoras quanto

clientes, que recebem o produto conforme solicitado e dentro do cronograma previsto.

Métodos tradicionais utilizam instalações temporárias no canteiro de obras, o que pode resultar em condições de trabalho precárias e aumento de erros (DE LIMA ALVARENGA; CARVALHO; SPERANZA, 2019), além disso desperdícios comuns incluem a falta de compatibilização entre fases de construção, como alvenaria e instalações prediais, causando retrabalho e atrasos (KOSKELA, 1992). O LC visa aumentar a eficiência e reduzir desperdícios como a superprodução, o tempo ocioso devido a atrasos ou falta de recursos (LIKER, 2005), transporte e movimentação desnecessários, retrabalho causado por falhas no processo, por exemplo. Assim, o LC se destaca em comparação aos métodos tradicionais ao priorizar a gestão eficiente de recursos, planejamento preciso e comunicação eficaz entre as partes envolvidas. O objetivo é entregar projetos de forma eficiente, atendendo às necessidades do mercado e agregando valor ao cliente final. Na literatura verifica-se o aumento de produtividade e eliminação de desperdícios como os maiores benefícios, ou o levantamento de ferramentas utilizadas (RIBEIRO *et al.*, 2021), porém não há uma distinção entre as aplicações em residências multifamiliares ou unifamiliares.

Estudos apontam a aplicação de métodos mais enxutos em residências multifamiliares (SANTOS, 2021), edifícios de grande porte (JÚNIOR, GERALDO, 2018) ou conjuntos habitacionais (LUCENA, 2020). A padronização dos serviços é possível nesses contextos, facilitando a replicação dos processos de um apartamento para outro ou de uma residência para outra. Já em residências unifamiliares, a singularidade de cada projeto, a personalização e a variabilidade das etapas construtivas exigem uma adaptação mais cuidadosa dos métodos *lean* para assegurar a eficiência e a redução de desperdícios, mantendo a qualidade e atendendo às expectativas dos clientes.

O estudo da aplicação do LC em projetos arquitetônicos e complementares de residências unifamiliares busca explorar novas perspectivas para otimizar a construção de habitações com características únicas.

Na busca por otimizar processos, reduzir custos e tempos de execução, resultando em construções mais limpas, organizadas e econômicas, sem comprometer a segurança, diferentes métodos podem ser utilizados. Assim, serão apresentadas cinco etapas da obra: concretagem, fechamento interno e externo, contrapiso e piso. Tais etapas são essenciais para garantir a qualidade estrutural, funcionalidade e acabamento das edificações.

Para cada uma das etapas citadas, há possibilidades diversas para alcançar um resultado mais ágil e com menores desperdícios:

Concreto: O concreto, tradicionalmente, é produzido no canteiro, exigindo espaço para estocagem e vários processos. A alternativa com concreto usinado e bombeado elimina a estocagem e reduz processos desnecessários, agilizando a execução e melhorando a organização do canteiro.

Fechamento externo: Na alvenaria tradicional, a argamassa é produzida no canteiro, exigindo espaço e processos adicionais. A argamassa usinada chega na obra já pronta para aplicação, reduzindo a necessidade de estocagem e facilitando a logística.

Fechamento interno: O fechamento interno com alvenaria requer nivelamento e gera resíduos. O *drywall*, por outro lado, é mais leve e produtivo, eliminando o nivelamento e facilitando a instalação de tubulações. O *Drywall* são chapas de gesso em perfis de aço galvanizado, usadas para paredes e forros, oferecendo alta resistência mecânica e acústica (PEREIRA, 2018).

Contrapiso: O contrapiso tradicional requer estocagem e manuseio de insumos. A argamassa industrializada, pronta para uso, simplifica o processo, reduzindo o tempo e o desperdício.

Piso: O piso porcelanato tem um processo de instalação mais demorado e gera mais resíduos. O piso laminado, especialmente para ambientes secos, é mais rápido de instalar e gera menos resíduos, melhorando a eficiência e sustentabilidade.

Os sistemas alternativos aos métodos tradicionais se alinham à filosofia lean ao reduzir desperdícios e aumentar a eficiência. A escolha do sistema impacta o cronograma da obra, alterando a sequência e o número de processos. Métodos como o *drywall*, por exemplo, minimizam resíduos e agilizam a

execução, enquanto a alvenaria estrutural e as paredes de concreto moldadas no local otimizam o uso de materiais e tempo, eliminando processos que não agregam valor (PEREIRA, 2018; KOSKELA, 1992).

3 METODOLOGIA

Visando maior agilidade, economia e eficiência em projetos singulares como são as construções de residências unifamiliares, o objetivo desse estudo é verificar a viabilidade da aplicação total ou parcial de métodos mais ágeis em substituição aos métodos tradicionais para construção de uma residência unifamiliar. Assim, a abordagem será a de estudo de caso, dada a capacidade de diagnosticar particularidades no setor da construção civil e verificar como o pensamento enxuto pode otimizar processos e fluxos (ERIKSSON, 2010). Segundo Gil (2019), o estudo de caso é uma opção quando se busca aprofundar em uma unidade com o intuito de obter um conhecimento contextualizado. Nessa mesma direção, Marconi e Lakatos (2021) destacam que o estudo de caso possibilita a análise de um objeto de pesquisa, favorecendo a identificação de fatores, relações e significados que dificilmente seriam percebidos por meio de abordagens mais generalistas. Assim, a escolha por um estudo de caso único se justifica pela necessidade de comparar métodos tradicionais da construção civil no Brasil e métodos que utilizam traços do LC levando em consideração a mão de obra e o custo para a execução dos mesmos serviços. Para tal, escolheu-se o caso de uma residência para iniciar a comparação dos serviços.

A edificação analisada é uma residência unifamiliar de dois pavimentos, com área total de 198,63 m². A classificação da edificação foi definida como “Residência Padrão Normal” de acordo com a NBR 12721:2005 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

O projeto arquitetônico foi elaborado no AutoCad e a partir dele, foram levantados os quantitativos necessários para a execução das atividades, como áreas de fechamento interno e externo, contrapiso, piso, além da quantidade de concreto necessária para vigas, pilares e lajes. Os dados coletados são da base modelos da Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos (2017), TCPO,

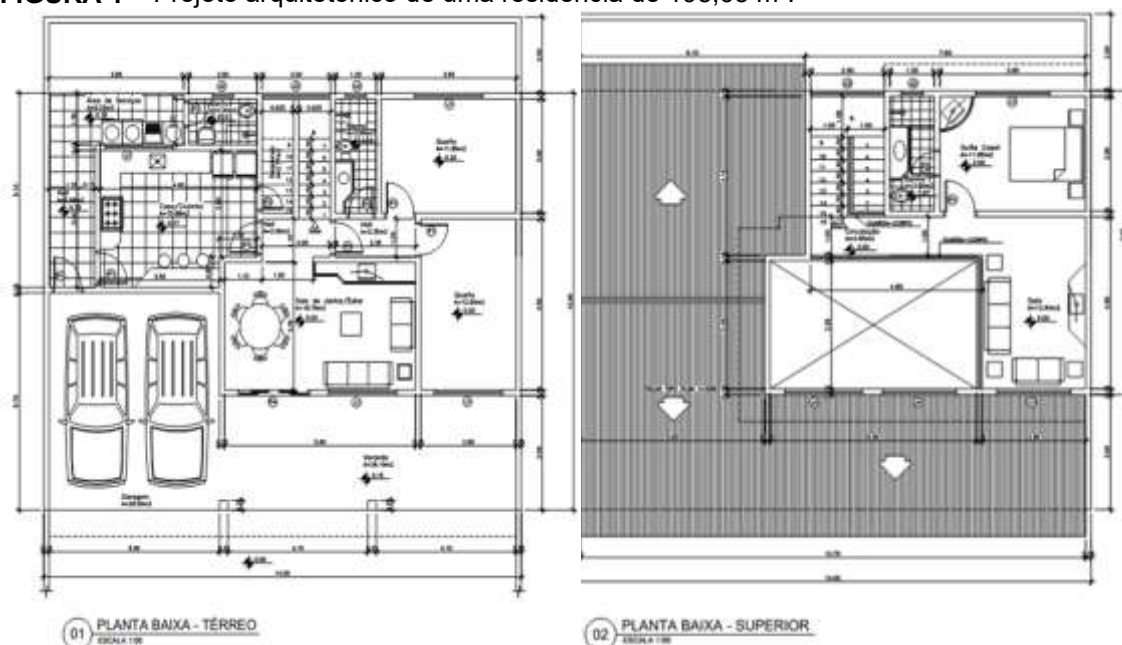
15ª edição. Os dados foram tratados e apresentados em tabelas comparativas, detalhando os custos de cada método de execução e analisando atividade por atividade, visando obter resultados conclusivos sobre a viabilidade de cada processo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Levantamento dos custos de uma residência unifamiliar

O padrão construtivo da edificação escolhido para o estudo de caso foi de uma residência unifamiliar com dois pavimentos totalizando 198,63 m², sendo o térreo com 153,30 m² e o pavimento superior com 45,33 m², conforme Figura 1. Segundo a Associação Brasileira De Normas Técnicas (2005) a NBR 12721:2005 o projeto estudado é classificado como Residência Padrão Normal (R1-N).

FIGURA 1 – Projeto arquitetônico de uma residência de 198,63 m².



Fonte: Acervo pessoal (2022).

A seguir será apresentado a composição de custos para as cinco etapas da obra, tanto no modelo tradicional quanto para o que utiliza princípios de *lean construction*, sendo eles: (i) o fechamento externo com argamassa feita no canteiro e argamassa de assentamento e usinada, conforme ilustra Figura 2; (ii)

a concretagem com concreto produzido no canteiro de obras e o concreto usinado e bombeado conforme ilustra Figura 3; (iii) o fechamento interno para produção de argamassa de assentamento, assentamento de tijolo convencional com argamassa feita no canteiro e com argamassa usinada e por fim com fechamento em *drywall* conforme ilustra Figura 4. A partir dos resultados obtidos, foi observado que o fechamento em *drywall* não se mostrou financeiramente viável. Então foi analisado o fechamento em *Drywall* apenas nas áreas secas e manteve a alvenaria nas áreas úmidas, conforme ilustra Figura 5; (iv) o contrapiso com argamassa feita no canteiro e industrializada, conforme ilustra Figura 6 e (v) execução de piso em porcelanato polido a instalação de piso laminado, conforme Figura 7.

FIGURA 2 – Composição de custos para o fechamento externo.

Composição de argamassa de assentamento				
Local de aplicação:	Assentamento de tijolos cerâmicos			
Volume de argamassar (m³)	3,53			
Código TCPO	3R 05 06 17 00 00 00 17 27 - Argamassa mista de cimento, cal e areia traço 1:2:11, com betoneira - m²			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Servente	h	6,0000	R\$ 36,0600	R\$ 127,29
Areia média lavada e peneirada	m³	1,2200	R\$ 171,8004	R\$ 606,46
Cal hidratada CH III	kg	133,0000	R\$ 112,1855	R\$ 396,01
Cimento CP II E - 32	kg	133,0000	R\$ 71,8200	R\$ 253,52
Betoneira	h	0,3060	R\$ 0,5967	R\$ 2,11
Total			R\$ 392,46	R\$ 1.385,39

Composição de assentamento de tijolo convencional - argamassa feita no canteiro				
Área de fechamento (m²):	352,385			
Código TCPO	3R 05 05 12 00 00 00 00 05 25 - Alvenaria de vedação com blocos cerâmicos furados 9x19x19cm furos horizontais, espessura da parede 9cm, juntas de 10mm com argamassa mista de cimento, cal e areia traço 1:2:11 - m²			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Pedreiro	h	0,6400	R\$ 5,4976	R\$ 1.937,27
Servente	h	0,3800	R\$ 2,2838	R\$ 804,78
Bloco cerâmico furado de vedação 19x19x9	Un	26,2500	R\$ 30,7125	R\$ 10.822,62
Argamassa mista de cimento cal e areia traço 1:2:11	m³	0,0138	R\$ 5,4159	R\$ 1.908,48
Total			R\$ 43,91	R\$ 15.473,15

Composição de assentamento de tijolo convencional - argamassa usinada				
Área de fechamento (m²):	352,385			
Código TCPO	3R 05 05 12 00 00 00 00 05 25 - Alvenaria de vedação com blocos cerâmicos furados 9x19x19cm furos horizontais, espessura da parede 9cm, juntas de 10mm com argamassa usinada - m²			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Pedreiro	h	0,6400	R\$ 5,4976	R\$ 1.937,27
Servente	h	0,3800	R\$ 2,2838	R\$ 804,78
Bloco cerâmico furado de vedação 19x19x9	Un	26,2500	R\$ 30,7125	R\$ 10.822,62
Argamassa usinada	kg	9,6200	R\$ 6,2482	R\$ 2.201,77
Total			R\$ 44,74	R\$ 15.766,44

Fonte: Composição elaborada com base no TCPO (2017).

FIGURA 3 – Composição de custo para a concretagem.

Composição para concreto de 25Mpa - Produzido no canteiro de obras				
Local destinado:	Vigas, Pilares, Lajes, Viga Baldrame e Sapatas			
Quantidade utilizada (m³):	29,83			
Código TCPO:	3R 04 23 14 00 00 00 15 23 - Concreto preparado na obra C25 S50, controle "B" - m³			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo Unitário	Custo Total
Servente	h	6,0000	R\$ 36,0600	R\$ 1.075,67
Areia média lavada	m³	0,5780	R\$ 103,5600	R\$ 3.089,19
Brita 1	m³	0,7120	R\$ 112,6000	R\$ 3.358,86
Cimento CP II - 32	kg	373,0000	R\$ 245,5100	R\$ 7.323,56
Betoneira	h	0,3060	R\$ 0,5967	R\$ 17,80
Total			R\$ 498,33	R\$ 14.865,09

Composição para concreto de 25MPa - Usinado e Bombeado				
Local destinado:	Vigas, Pilares, Lajes, Viga Baldrame e Sapatas			
Quantidade utilizada (m³):	29,83			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo Unitário	Custo Total
Quantidade de concreto	m³	1,0000	R\$ 560,00	R\$ 16.704,80
Bombeamento	um	1,0000	R\$ 850,00	R\$ 850,00
Transporte (abaixo de 5m³)	m³		R\$ 200,00	R\$ 200,00
Total			R\$ 1.660,00	R\$ 17.554,80

Fonte: Composição elaborada com base no TCPO (2017).

FIGURA 4 – Composição de custos para o fechamento interno.

Composição de argamassa de assentamento				
Local de aplicação:	Assentamento de tijolos cerâmicos			
Volume de argamassar (m³):	1,1612			
Código TCPO	3R 05 06 17 00 00 00 17 27 - Argamassa mista de cimento, cal e areia traço 1:2:11, com betoneira - m³			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Servente	h	6,0000	R\$ 36,0600	R\$ 41,87
Areia média lavada e peneirada	m³	1,2200	R\$ 171,8004	R\$ 199,49
Cal hidratada CH III	kg	133,0000	R\$ 112,1855	R\$ 130,27
Cimento CP II E - 32	kg	133,0000	R\$ 71,8200	R\$ 83,40
Betoneira	h	0,3060	R\$ 0,5967	R\$ 0,69
Total			R\$ 392,46	R\$ 455,73

Composição de assentamento de tijolo convencional - argamassa feita no canteiro				
Área de fechamento (m²):	116,12			
Código TCPO	3R 05 05 12 00 00 00 00 05 25 - Alvenaria de vedação com blocos cerâmicos furados 9x19x19cm furos horizontais, espessura da parede 9cm, juntas de 10mm com argamassa mista de cimento, cal e areia traço 1:2:11 - m²			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Pedreiro	h	0,6400	R\$ 5,4976	R\$ 638,38
Servente	h	0,3800	R\$ 2,2838	R\$ 265,19
Bloco cerâmico furado de vedação 19x19x9	Un	26,2500	R\$ 30,7125	R\$ 3.566,34
Argamassa mista de cimento cal e areia traço 1:2:11	m³	0,0138	R\$ 5,4160	R\$ 628,90
Total			R\$ 43,91	R\$ 5.098,82

Composição de assentamento de tijolo convencional - argamassa usinada				
de fechamento (m²):	116,12			
Código TCPO	3R 05 05 12 00 00 00 00 05 25 - Alvenaria de vedação com blocos cerâmicos furados 9x19x19cm furos horizontais, espessura da parede 9cm, juntas de 10mm com argamassa usinada - m²			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Pedreiro	h	0,6400	R\$ 5,4976	R\$ 638,38
Servente	h	0,3800	R\$ 2,2838	R\$ 265,19
Cerâmico furado de vedação 19x19x9	Un	26,2500	R\$ 30,7125	R\$ 3.566,34
Argamassa usinada	kg	9,6200	R\$ 6,2482	R\$ 725,54
Total			R\$ 44,74	R\$ 5.195,45

Composição de custos para fechamento interno com Drywall			
Área de fechamento (m²)	Standart / Resistente a Umidade	57	60
Descrição	Unidade	Custo unitário	Custo Total
Fechamento em Drywall placa standart	m²	R\$ 101,75	R\$ 5.800,00
Fechamento em Drywall placa resistente a umidade	m²	R\$ 132,50	R\$ 7.950,00
Total		R\$ 234,25	R\$ 13.750,00

Fonte: Composição elaborada com base no TCPO (2017).

FIGURA 5 – Composição de custos para o fechamento interno com *drywall* nas áreas secas.

Composição de custos para fechamento interno com Drywall – área seca			
Área de fechamento (m²)	Sdt	57	
Descrição	Unidade	Custo unitário	Custo Total
Fechamento em <i>Drywall</i> placa standart	m²	R\$ 101,75	R\$ 5.800,00
Total		R\$ 101,75	R\$ 5.800,00

Composição de assentamento de tijolo convencional - argamassa feita no canteiro – área molhada				
Área de fechamento (m²):	60			
Código TCPO	3R 05 05 12 00 00 00 00 05 25 - Alvenaria de vedação com blocos cerâmicos furados 9x19x19cm furos horizontais, espessura da parede 9cm, juntas de 10mm com argamassa mista de cimento, cal e areia traço 1:2:11 - m²			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Pedreiro	h	0,6400	R\$ 5,4976	R\$ 329,86
Servente	h	0,3800	R\$ 2,2838	R\$ 137,03
Bloco cerâmico furado de vedação 19x19x9	Um	26,2500	R\$ 30,7125	R\$ 1.842,75
Argamassa mista de cimento cal e areia traço 1:2:11	m³	0,0138	R\$ 5,4160	R\$ 324,96
Total			R\$ 43,91	R\$ 2.634,59

Composição de assentamento de tijolo convencional - argamassa usinada – área molhada				
Área de fechamento (m²):	60			
Código TCPO	3R 05 05 12 00 00 00 00 05 25 - Alvenaria de vedação com blocos cerâmicos furados 9x19x19cm furos horizontais, espessura da parede 9cm, juntas de 10mm com argamassa usinada - m²			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Pedreiro	h	0,6400	R\$ 5,4976	R\$ 329,86
Servente	h	0,3800	R\$ 2,2838	R\$ 137,03
Bloco cerâmico furado de vedação 19x19x9	un	26,2500	R\$ 30,7125	R\$ 1.842,75
Argamassa usinada	kg	9,6200	R\$ 6,2482	R\$ 374,89
Total			R\$ 44,74	R\$ 2.684,53

Fonte: Composição elaborada com base no TCPO (2017).

FIGURA 6 – Composição de custos para a composição do contrapiso.

Composição de argamassa para contrapiso				
Local de aplicação	Contrapiso			
Quantidade utilizada (m³):	5,1			
Código TCPO	3R 05 06 17 00 00 00 15 25 - Argamassa de cimento e areia, traço 1:3 - m³			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Servente	h	10,000	R\$ 60,10	R\$ 306,51
Areia Média Lavada	m³	1,220	R\$ 171,80	R\$ 876,18
Cimento CP II E - 32	kg	486,000	R\$ 319,89	R\$ 1.631,41
Betoneira	h	0,306	R\$ 0,60	R\$ 3,04
Total			R\$ 552,38	R\$ 2.817,15

Composição da execução do contrapiso feito no canteiro de obras				
Área de contrapiso (m²):	170			
Código TCPO	3R 10 61 10 00 00 00 10 29 - Regularização sarrafeada de base para revestimento de piso com argamassa de cimento e areia # 3cm - m²			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Pedreiro	h	0,250	R\$ 2,15	R\$ 365,08
Servente	h	0,250	R\$ 1,50	R\$ 255,43
Argamassa mista de cimento e areia traço 1:3	m³	0,030	R\$ 16,57	R\$ 2.817,15
Total			R\$ 20,22	R\$ 3.437,65

Composição da execução de contrapiso com argamassa usinada - 3cm				
Volume de contrapiso (m²)	170			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Pedreiro	h	0,25	R\$ 2,15	R\$ 365,08
Servente	h	0,25	R\$ 1,50	R\$ 255,43
Argamassa para contrapiso	kg	53,4	R\$ 26,79	R\$ 4.553,52
Total			R\$ 30,44	R\$ 5.174,02

Fonte: Composição elaborada com base no TCPO (2017).

FIGURA 7 – Composição de custos para a composição do piso.

Composição da execução de piso em porcelanato polido				
Área com revestimento (m²)	76,66			
Código TCPO	3R 10 64 00 00 00 00 05 14 - Porcelanato polido 40 x 40 cm assentado com argamassa pré fabricada de cimento colante - m²			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Pedreiro	h	0,44	R\$ 3,78	R\$ 289,74
Servente	h	0,22	R\$ 1,32	R\$ 101,36
Argamassa pré-fabricada de cimento colante para assentamento de peças cerâmicas.	kg	9,0	R\$ 10,76	R\$ 824,48
Porcelanato polido de 62,5 x 62,5 cm x 8,3 mm (adaptado pois não foi encontrado piso com as medidas especificadas).	m²	1,19	R\$ 83,18	R\$ 6376,66
Total			R\$ 99,04	R\$ 7.592,24

Composição de custos execução piso laminado			
Área com o revestimento	76,66		
Descrição	Unidade	Custo unitário	Custo total
Serviço de fornecimento e instalação de piso laminado eucalfloor cacau marfim com rodapé	m²	R\$ 110,00	R\$ 8.432,60
Total		R\$ 110,00	R\$ 8.432,60

Fonte: Composição elaborada com base no TCPO (2017).

4.2 Análise comparativa parcial dos métodos construtivos

A seguir, para cada processo será apresentada uma tabela referente aos custos de forma tradicional e aos custos utilizando métodos que consideram os ganhos dos métodos com princípios *lean*, por fim será apresentada uma tabela comparando os métodos analisados, levando em consideração o custo, o tempo e a mão de obra necessária para a execução.

4.2.1 Concreto

A Figura 8 compara as duas abordagens para a obtenção de concreto: a produção no canteiro de obras e o uso de concreto usinado e bombeado.

FIGURA 8 – Comparativo de abordagens de concretagem.

Categoria	Tipo de concreto	
	Feito no canteiro de obras	Usinado e bombeado
Aplicação	Elementos estruturais, incluindo vigas, pilares, lajes, viga baldrame e sapatas	Elementos estruturais, incluindo vigas, pilares, lajes, viga baldrame e sapatas
Composição De custo	Mão de obra (serventes), materiais como areia média lavada, brita 1 e cimento CPII - 32, além do uso de betoneira	Custo do concreto, o bombeamento e o transporte, destacando-se pela ausência de custos com mão de obra direta para a preparação do concreto no local
Custo (29,83 m³)	R\$ 14.865,09	R\$ 17.554,80

Fonte: Acervo pessoal (2022).

4.2.2 Fechamento Externo

Foram comparadas duas alternativas para o fechamento externo da construção: a argamassa de assentamento produzida no canteiro de obras e a argamassa usinada. Ambas as opções foram avaliadas com base em seus custos e vantagens, conforme Figura 9.

FIGURA 9 – Comparativo de abordagens do fechamento externo.

Categoria	Tipo de argamassa utilizada para fechamento	
	Argamassa de assentamento produzida no canteiro	Argamassa usinada
Aplicação	Assentamento de tijolos cerâmicos (preparada com cimento, cal, areia média lavada e peneirada)	Assentamento de tijolos cerâmicos (argamassa preparada e transportada para a obra)
Composição de custo	Materiais, blocos cerâmicos e mão de obra (pedreiros, serventes e betoneira)	Materiais e mão de obra
Custo (352,385 m²)	R\$ 15.473,15 R\$ 1.385,39 para 3,53 m ³ de argamassa	R\$ 15.766,44 R\$ 2.201,77 para 3,53 m ³ de argamassa

Fonte: Acervo pessoal (2022).

4.2.3 Fechamento Interno

Foram analisadas diferentes opções para a produção de argamassa de assentamento para tijolos cerâmicos, incluindo argamassa produzida no canteiro, argamassa usinada, e fechamento em *Drywall*. As composições de custo foram detalhadas na Figura 10.

FIGURA 10 – Comparativo de abordagens do fechamento interno.

Categoria	Tipo de argamassa utilizada para fechamento			
	Argamassa de assentamento produzida no canteiro	Assentamento de tijolos com argamassa produzida no canteiro	Assentamento de tijolos com argamassa usinada	Fechamento em Drywall (57 m ² de placas standard e 60 m ² com placas resistentes à umidade)
Composição de custo	Areia média lavada e peneirada, cal hidratada, cimento CP II E-32, uso de betoneira e de obra dos serventes	Mão de obra de pedreiros e serventes, custo dos blocos cerâmicos e custo da argamassa	Mão de obra de pedreiros e serventes, custo dos blocos cerâmicos e custo da argamassa usinada	Placas standart, placas resistentes à umidade e mão de obra de pedreiros e serventes
Custo (116,12 m²)	R\$ 455,73	R\$ 5.098,82	R\$ 5.195,45	R\$ 13.750,00

Fonte: Acervo pessoal (2022).

4.2.4 Contrapiso

Foi realizada uma análise comparativa entre a execução do contrapiso utilizando argamassa produzida no canteiro de obras e argamassa usinada. Os custos e a composição de materiais para ambos os métodos estão apresentados na Figura 11.

FIGURA 11 – Comparativo de abordagens do contrapiso.

Categoria	Tipo de argamassa utilizada para contrapiso		
Aplicação	Produção de Argamassa para Contrapiso no Canteiro	Execução do Contrapiso com Argamassa Produzida no Canteiro	Execução do Contrapiso com Argamassa Usinada
Composição de custo	Areia média lavada, cimento CII E-32, serventes e o uso de betoneira	Mão de obra de pedreiros e serventes, além da argamassa mista de cimento e areia (traço 1:3)	Mão de obra de pedreiros e serventes, e argamassa usinada
Custo	R\$ 2.817,15 (volume de 5,1 m ³)	R\$ 3.437,65 (área de 170 m ²)	R\$ 5.174,02 (área de 170 m ²)

Fonte: Acervo pessoal (2022).

4.2.5 Piso

Foram analisadas duas opções para a execução do piso nas áreas secas do projeto: porcelanato e piso laminado, conforme Figura 12. O porcelanato incluiu a mão de obra para instalação, enquanto o piso laminado foi terceirizado, incluindo material e instalação pela empresa contratada.

FIGURA 12 – Comparativo de abordagens do piso.

Material	Mão de obra	Custo
Porcelanato	Pedreiro e ajudante	R\$ 7.592,24
Piso Laminado	Não necessária, incluída no serviço terceirizado	R\$ 8.432,60

Fonte: Acervo pessoal (2022).

O concreto usinado e bombeado, embora mais caro, pode ser uma escolha mais vantajosa para projetos que priorizam eficiência e qualidade. Essas incluem facilidade de transporte, economia de espaço no canteiro (sem necessidade de armazenamento e preparo de materiais) e maior controle de qualidade, já que é produzido em condições controladas na usina.

Em relação à argamassa, a análise revelou que, embora a usinada tenha um custo ligeiramente superior, os benefícios compensam. A argamassa usinada oferece uniformidade e qualidade superior, além de simplificar a logística no canteiro, reduzindo a necessidade de espaço e equipamentos. Portanto, apesar do custo adicional, a argamassa usinada é viável e vantajosa para projetos que buscam eficiência e qualidade.

O fechamento em *Drywall*, mesmo combinado com alvenaria, mostrou-se significativamente mais caro que a alvenaria convencional. Os custos totais foram R\$ 8.434,59 para fechamento misto com argamassa produzida no canteiro, R\$ 8.484,53 com argamassa usinada, e R\$ 13.750,00 para *Drywall* integral. Embora o *Drywall* ofereça agilidade e menor necessidade de mão de obra, seu alto custo o torna menos viável que a alvenaria convencional. Entre as opções de alvenaria, a argamassa usinada destacou-se pela consistência e controle de qualidade, justificando a aplicação dos princípios da filosofia *lean construction* (FLC).

Sobre o contrapiso, a tabela comparativa também apontou que a argamassa usinada apresentou um custo mais elevado (R\$ 5.174,02) em comparação à argamassa produzida no canteiro (R\$ 3.437,65). Embora houvesse redução na demanda de mão de obra, o aumento no custo dos materiais tornou o método economicamente inviável para a execução do contrapiso, não justificando a aplicação dos princípios da FLC nesse caso.

Por fim, embora o custo do piso laminado seja mais alto que o do porcelanato, ele apresenta vantagens significativas, como a ausência de necessidade de mobilização de mão de obra adicional, instalação mais rápida e menor geração de resíduos. Portanto, o uso de piso laminado pode ser uma escolha viável, mesmo com um custo inicial mais elevado.

4.3 Análise comparativa final de viabilidade dos métodos

A Figura 13 resume os resultados obtidos, mostrando o panorama geral do custo total e a mão de obra envolvida para cada método analisado. A alternativa que utiliza traços da FLC, é indicada por '*'. A alternativa com melhor custo/benefício está em negrito.

FIGURA 13 – Síntese comparativa dos métodos construtivos.

RESULTADOS OBTIDOS			
Métodos	M.O pedreiro	M.O ajudante	Custo total
CONCRETO			
Produzido no canteiro	0	178,98	R\$ 14.865,09
Usinado e bombeado*	0	0	R\$ 17.554,80
FECHAMENTO EXTERNO			
Fechamento com argamassa produzida no canteiro	225,53	155,09	R\$ 15.473,15
Fechamento com argamassa usinada*	225,53	133,91	R\$ 15.766,44
FECHAMENTO INTERNO			
Fechamento com argamassa produzida no canteiro	74,32	51,09	R\$ 5.098,82
Fechamento com argamassa usinada*	74,32	44,13	R\$ 5.195,45
Fechamento em <i>Drywall</i> *	0	0	R\$ 13.750,00
Fechamento em <i>Drywall</i> (área secas) e alvenaria com argamassa produzida no canteiro (área molhada)*	38,4	29,77	R\$ 8.434,59
Fechamento em <i>Drywall</i> (área secas) e alvenaria com argamassa usinada (área molhada)*	38,4	22,8	R\$ 8.484,53
CONTRAPISO			
Contrapiso produzido no canteiro	42,5	93,5	R\$ 3.437,65
Contrapiso com argamassa usinada*	42,5	42,5	R\$ 5.174,02
PISO			
Porcelanato	33,73	16,86	R\$ 7.592,24
Piso laminado*	0	0	R\$ 8.432,60

Fonte: Acervo pessoal (2022).

Em síntese, resultante da pesquisa proposta, a Figura 14 demonstra os métodos mais viáveis para cada processo analisado bem como a justificativa da sugestão. A alternativa que utiliza traços da FLC, será indicada por *.

FIGURA 14 – Justificativa do método sugerido.

Processo analisado	Método mais viável	Motivos que sugerem a escolha
Concretagem	Concreto bombeado*	O concreto bombeado é mais caro (18% a mais) do que o produzido no canteiro, mas garante melhor controle de qualidade, reduzindo erros e desperdícios e otimizando o espaço no canteiro.
Fechamento externo	Fechamento utilizando argamassa usinada*	A argamassa usinada é ligeiramente mais cara (2%) que a produzida no canteiro, mas oferece vantagens como menor espaço de estocagem e produção mais fácil, compensando o custo adicional.
Fechamento interno	Fechamento utilizando argamassa usinada*	A argamassa usinada, apesar de ser mais cara do que o Drywall (270% mais) e o sistema misto (64% mais), é a opção mais viável devido aos seus benefícios em termos de facilidade de aplicação e menor desperdício.
Contrapiso	Contrapiso com argamassa produzida no canteiro	O contrapiso com argamassa produzida no canteiro é mais econômico, com um custo 51% menor do que o com argamassa usinada, tornando a opção usinada inviável neste caso. Sendo o único processo que o método tradicional se mostrou mais viável em relação ao método FLC.
Piso	Piso laminado*	O piso laminado, com um custo 11% maior que o porcelanato, justifica o preço adicional pela rápida instalação e menor desperdício, já que a instalação é feita pelo fornecedor.

Fonte: Acervo pessoal (2022).

As soluções mais enxutas mostraram-se vantajosas na maioria dos processos, destacando-se pela eficiência e economia de tempo, o que justifica a sua adoção, exceto no caso do contrapiso, onde o método tradicional demonstrou ser mais vantajoso em termos de custo-benefício. A análise final revela um custo total de R\$50.386,94 para a construção, com um acréscimo de R\$3.919,99 (aproximadamente 7,7%) ao implementar soluções *Lean Construction*. Este acréscimo resulta em uma significativa redução de 257,71

horas de mão de obra, conforme demonstrado pela Figura 15, equivalente a 35% do tempo originalmente necessário.

Em geral, os princípios do LC ofereceram melhorias substanciais na gestão e execução das etapas da obra, reforçando a viabilidade de sua aplicação em projetos residenciais, principalmente em áreas onde a eficiência e a redução de desperdícios são prioritárias.

FIGURA 15 – Memória de Cálculo da Redução de Mão de Obra.

Processo Analisado	M.O Método Tradicional (h.H)	M.O Método FLC Escolhido (h.H)	Redução de M.O (h.H)
1. Concreto	178,98 (0 Pedreiro + 178,98 Ajudante)	0 (Usinado e bombeado)	178,98
2. Fechamento Externo	380,62 (225,53 Pedreiro + 155,09 Ajudante)	359,44 (225,53 Pedreiro + 133,91 Ajudante)	21,18
3. Fechamento Interno	125,41 (74,32 Pedreiro + 51,09 Ajudante)	118,45 (74,32 Pedreiro + 44,13 Ajudante)	6,96
4. Contrapiso	136,00 (42,5 Pedreiro + 93,5 Ajudante)	136,00 Método tradicional mantido, não houve ganhos pelo LC	0,00
5. Piso	50,59 (33,73 Pedreiro + 16,86 Ajudante)	0 (Piso laminado)	50,59
TOTAL GERAL DE REDUÇÃO	<i>871,6h.H</i>	<i>613,89h.H</i>	257,71

Fonte: Acervo pessoal (2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após análise dos dados do projeto arquitetônico e dos custos e insumos para métodos tradicionais e com princípios do LC, foi possível comparar a viabilidade da aplicação parcial ou total de métodos mais ágeis na construção de uma residência unifamiliar.

Os resultados mostram que as alternativas baseadas no *Lean Construction* foram bem-sucedidas ao reduzir o tempo das atividades, eliminar processos sem valor agregado e diminuir desperdícios de material e tempo.

Em síntese, tem-se que a sugestão de escolha do(a): (1) concreto bombeado é dada a redução de mão de obra e desperdícios no transporte; (2)

argamassa usinada no fechamento externo utilizando a é mais eficiente devido à redução de espaço para estocagem; (3) da argamassa usinada no fechamento interno oferece benefícios semelhantes ao Drywall, com custos menor; (4) método tradicional no contrapiso é mais econômico e, portanto, mais viável; (5) piso laminado pela maior agilidade e ausência de necessidade de mão de obra para instalação compensam o custo adicional. Esses dados sugerem que a utilização dos métodos *Lean* é recomendada, exceto para o contrapiso, onde o método tradicional se mostrou mais vantajoso. Assim, o custo total será de R\$ 50.386,94, com um acréscimo de R\$ 3.919,99 (aproximadamente 7,7%) devido à adoção das soluções *Lean*, o que resulta em uma economia de 257,71 horas de mão de obra, representando uma redução de 35%.

Conclui-se que, além de grandes obras e projetos repetitivos, residências unifamiliares também podem se beneficiar da FLC. A aplicação de métodos enxutos ainda que em sua parcialidade, melhora a gestão de obras, otimiza processos e aumenta a produtividade, promovendo uma evolução significativa no setor da construção civil no Brasil.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12721: Critérios para avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios e edifícios (Procedimento)*. Rio de Janeiro, 2005.

ERIKSSON, E. Improving construction supply chain collaboration and performance: a lean construction pilot project. *Supply Chain Management: An International Journal*, v. 15, n. 5, p. 394–403, 2010.

DE LIMA ALVARENGA, M. G.; CARVALHO, R. S.; SPERANZA, D. H. Construção enxuta: definição e aplicações no canteiro de obras. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 11, n. 3, páginas 16–27, 2019.

GIL, A. C. *Estudo de caso: fundamentação científica, subsídios para coleta e análise de dados, como redigir o relatório*. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

JUNIOR, F.; GERALDO, E. *Lean construction: caso de aplicação na construção de um edifício residencial*. 2018. 54f. Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2018.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. Stanford, EUA, CIFE, Agosto 1992. *Technical Report n72*.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Fundamentos de metodologia científica*. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

LIKER, J. K. *O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Tradução de Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LUCENA, Y. R. *Aplicação da filosofia Lean Construction em uma obra de um Conjunto Habitacional*. 2020. 75f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia), Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande - Paraíba - Brasil, 2020.

PEREIRA, B. Y.; LARA, L. F. *Comparativo do Sistema Construtivo de Parede de Concreto ao Sistema de Alvenaria Convencional*. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 39p. 2018.

RIBEIRO, A. A., QUELHAS, O. L. G., DE SOUZA, F. M. D. S., & VILLELA, L. T. *Lean construction na indústria da construção civil brasileira: uma revisão sistemática da literatura*. *Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão* (ISSN: 2525-4782), v. 6, n. 2, 2021.

SANTOS, E. D. B. *Implantação dos princípios e ferramentas da lean construction: um estudo de caso em um condomínio residencial multifamiliar na cidade de Maringá-PR*. 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

TCPO, PINI. *Tabelas de composição de preços para orçamentos*. São Paulo, Ed. Pini 2017.