

# AluMeasure: Uma Abordagem de Modelagem Matemática Aplicada em Fachadas com Aluminium Composite Material (ACM)

Joice Araujo Fontenele<sup>1</sup>,  
José Nilton Silva Lima<sup>1</sup>,  
Alberto Cunha Alves<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFPI)  
Av. Rio dos Matos, s/n – Germano, 64260-000 – Piripiri – PI – Brasil  
joicearaujofontainele@gmail.com,  
jniltonsilval35@gmail.com,  
alberto.cunha@ifpi.edu.br

**Abstract.** *This article presents a tool called AluMeasure, a computational system designed to optimize the estimation of Aluminum Composite Material (ACM) sheet usage in flat façades. The tool integrates Mathematical Modeling with software engineering techniques to automate the calculation of effective area and the optimal number of sheets, accounting for losses and cutouts. Featuring a step-by-step, responsive interface, it allows users to input geometric data and visualize metrics in real time. The development employed modern technologies and a modular architecture. AluMeasure has also proven useful in educational settings by fostering the understanding of planning and spatial optimization concepts.*

**Resumo.** *Este artigo destaca uma ferramenta chamada AluMeasure, um sistema computacional criado e voltado à estimativa otimizada do uso de chapas de Aluminium Composite Material (ACM) em fachadas planas. A ferramenta combina Modelagem Matemática e técnicas de engenharia de software para automatizar o cálculo da metragem útil e da quantidade ideal de chapas, considerando perdas e recortes. Com interface responsiva e orientada por etapas, permite inserir dados geométricos e visualizar métricas em tempo real. O desenvolvimento utilizou tecnologias modernas e arquitetura modular. O AluMeasure também se mostrou útil em ambientes educacionais, ao promover a compreensão de conceitos de planejamento e otimização espacial.*

## 1. Introdução

O Material de Alumínio Composto (ACM), de acordo com [Jesus 2023, p. 18], é uma das opções de revestimento de fachadas industriais mais adotadas por arquitetos e projetistas devido à rapidez de instalação, leveza do material, possibilidades de moldagem e diversidade de cores. Segundo a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR), o ACM é um “painel constituído por duas chapas sólidas de ligas de alumínio ligadas a um núcleo de produto termoplástico extrudado” [Associação Brasileira de Normas Técnicas 2006, p. 2].

O revestimento de fachadas com ACM segue etapas: inicialmente, realiza-se um levantamento técnico com o cliente, seguido da medição do local, etapa fundamental que,

na visão de [Montagna and Lopes 2017, p. 15], “possibilita desde orçamentos precisos até instalações de fachadas com menos problemas, ajustes e retrabalhos”. Logo adiante, a empresa elabora o projeto em software de modelagem tridimensional, estima a quantidade de painéis utilizados e calcula o orçamento, que é baseado em custos de materiais, prazos e mão de obra. A última etapa consiste na aprovação do projeto e orçamento pelo cliente.

Nesse contexto, com o foco em minimizar perdas de material, a elaboração do projeto se configura como uma etapa crítica, uma vez que cálculos errados durante a estimativa de chapas geram desperdício de material, o que resulta em gastos desnecessários. Sendo assim, como alternativa para otimizar este processo, surge o desenvolvimento de sistemas aliada a Modelagem Matemática, interpretada por [Bassanezi 2002, p. 16] como “a arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real”.

O presente estudo reflete a realidade de uma empresa de comunicação visual localizada no norte do Piauí que trabalha com o revestimento de fachadas planas com ACM e que busca soluções que determinem a quantidade de placas necessárias para revestir fachadas, com vista a reduzir o tempo de confecção do projeto final e minimizar perdas. Nesse viés, este trabalho busca analisar como o desenvolvimento de sistemas aliado a modelagem matemática podem ser aplicados para determinar a quantidade de placas de ACM necessárias para o revestimento de fachadas planas, visando a otimização do cálculo de ACM e a minimização de perdas de material.

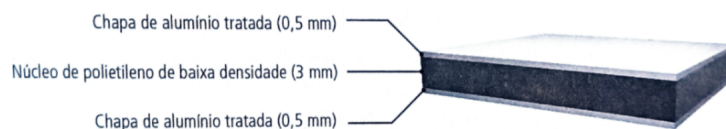
Assim, o objetivo geral deste estudo é desenvolver uma solução computacional baseada em Modelagem Matemática para otimizar o cálculo da quantidade de chapas de ACM necessárias no revestimento de fachadas planas, visando reduzir desperdícios de material e agilizar a elaboração de projetos. Para alcançar esse propósito, os objetivos específicos consistem em: compreender as etapas envolvidas no processo de revestimento com ACM em empresas; desenvolver um modelo matemático que represente adequadamente as variáveis envolvidas no dimensionamento de fachadas; implementar esse modelo em um sistema computacional interativo que permita simular diferentes cenários de aplicação, apresentando o potencial dessa ferramenta como base teórica e tecnológica para futuros estudos.

Este estudo está estruturado da seguinte maneira: a seção 2 aborda o referencial teórico, que traz os conceitos essenciais sobre ACM. Na seção 3 é detalhada a metodologia empregada, incluindo o desenvolvimento do modelo matemático e do sistema computacional. Logo adiante são apresentados os resultados e a discussão da eficácia do sistema. A seção 5 detém a conclusão e sugestões para trabalhos futuros.

## **2. Referencial Teórico**

### **2.1. Revestimento de fachadas com Material de Alumínio Composto (ACM)**

Segundo [Montagna and Lopes 2017], a chapa de material composto varia em espessura (2mm, 3mm, 4mm ou 6mm), com dimensões padrão de 5m de comprimento e larguras de 1,22m, 1,25m ou 1,5m, a figura 1 mostra o exemplo do painel de ACM de 4mm. O peso de uma chapa de ACM pode chegar a 5,5 kg/m<sup>2</sup> e o valor varia conforme as dimensões, chapas de 1,22x5x3mm custam, em média, R\$ 500,00, medidas de comprimento, largura e espessura maiores resultam em chapas mais caras.



**Figura 1. Exemplo de painel de ACM de 4 mm. Fonte: [Araujo and Tsuji 2014].**

Conforme a [Associação Brasileira de Normas Técnicas 2006], o painel de chapas de ACM, tanto para aplicações externas como internas, deve ser apresentado visualmente planificado respeitando as tolerâncias dimensionais da Tabela 1 e o desvio de esquadro (diferença entre diagonais) deve ser de no máximo 6 mm.

**Tabela 1. Tolerâncias na espessura, largura e comprimento do material composto. Fonte: [Associação Brasileira de Normas Técnicas 2006, p. 6].**

Espessura nominal (mm)	Espessura (mm)	Largura (mm)	Comprimento (mm)
2	$\pm 0,2$	$-0 + 5$	$-0 + 9,5$
3	$\pm 0,2$	$-0 + 5$	$-0 + 9,5$
4	$\pm 0,2$	$-0 + 5$	$-0 + 9,5$
6	$\pm 0,2$	$-0 + 5$	$-0 + 9,5$

De acordo com o guia prático de revestimento em ACM de [Araujo and Tsuji 2014, p. 20], os painéis que medem 4mm de espessura são mais utilizados em fachadas, chegando às vezes a 6mm, por outro lado, na comunicação visual, é possível utilizar as chapas de 3mm, com um acabamento mais econômico. O dimensionamento do ACM para fachadas exige cortes precisos, uma vez que imprecisões comprometem o resultado final. Para cortes retos, recomenda-se o uso de alguns instrumentos como a guilhotina<sup>1</sup>, o router<sup>2</sup> e mesa de corte com Controle Numérico Computadorizado (CNC) ou a tupia<sup>3</sup>.

Outro fato que acomete o resultado final do revestimento de fachadas com ACM é a temperatura, conforme ela varia, o painel também tem suas dimensões alteradas. Segundo [Montagna and Lopes 2017, p. 19], para contornar esse problema as chapas são divididas em pequenos pedaços (bandejas) deixando um espaço entre elas, esse espaço é chamado de junta de dilatação. Os autores pontuam que existem dois tipos de juntas: a junta selada, onde no espaço entre uma placa e outra é adicionado um selante e a junta sem selante, onde não é utilizado nenhum selante entre os painéis ou então é inserido um pedaço de ACM para um melhor acabamento final.

### 3. Metodologia

#### 3.1. Modelação do modelo matemático

Para encontrar o modelo matemático seguiu-se as etapas descritas por Bassanezi (2002): (1) experimentação, momento onde se conhece a realidade que será estudada; (2) abstração, processo onde variáveis e hipóteses são levantadas; (3) resolução, conversão do problema a uma linguagem matemática; (4) validação, sequência em que é confirmado

<sup>1</sup>Máquina utilizada para fazer cortes retos e precisos no ACM.

<sup>2</sup>Máquina roteadora controlada por computador capaz de cortar, fresar, perfurar e gravar o ACM com alta precisão.

<sup>3</sup>Equipamento elétrico responsável por criar dobras, cortes e outros acabamentos no ACM.

se o modelo proposto responde ao problema; e (5) modificação, etapa que ocorre se o modelo não for capaz de representar as previsões corretas.

### 3.2. Experimentação: conhecimento da realidade estudada

O locus da pesquisa foi uma gráfica que, há mais de 19 anos, trabalha com comunicação visual e nos últimos anos, destaca-se no revestimento de fachadas de pontos comerciais, casas, postos de gasolina em diversas cidades do estado do Piauí, sendo mais comum o revestimento de pontos comerciais. São várias as formas de revestir uma fachada de ponto comercial:

#### Quadro 1. Casos de revestimento de fachadas planas de pontos comerciais.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Casos	Área coberta
01	Revestimento da parte frontal.
02	Revestimento da parte frontal e de uma lateral.
03	Revestimento da parte frontal e das duas laterais.
04	Revestimento da parte frontal, das duas laterais e da área de cima.
05	Revestimento da parte frontal, das duas laterais e da área de cima e abaixo.

Neste trabalho, será abordado o revestimento do caso 01, por se tratar da aplicação mais recorrente em todos os projetos do setor. O sistema de instalação utilizado pela comunicadora visual é o método de bandeja, usando chapas de ACM com as seguintes dimensões: 3 mm de espessura, 1,22 m de largura e 5 m de comprimento. Para mensurar a quantidade de placas necessárias, o projetista recebe as medições do cliente, pois grande parte das instalações são feitas nas cidades vizinhas, tornando inviável a ida ao local.

As dimensões da bandeja possuem medidas fixas: avanço (a) de 2cm, espessura (e) de 5cm, a largura (h) e o comprimento variam de acordo com cada projeto. A quantidade é mensurada através de cálculos manuais, costuma-se dividir o comprimento da fachada pelo comprimento de bandejas e, por tentativa e erro, analisar qual valor mais se aproxima de uma quantidade inteira de bandejas. As medidas adotadas nesse estudo estarão em centímetros porque é a unidade de medida padrão utilizada pela comunicadora visual.

### 3.3. Abstração: processo que levará à formulação do modelo matemático

O modelo proposto é para fachadas cujo comprimento ou comprimento e largura da face frontal são maiores que a placa padrão de 122 cm de largura por 500 cm de comprimento. Para fachadas que envolvam dimensões menores que a da placa original não há necessidade em estimar a quantidade, pois fica subentendido que será usado um painel.

Para otimizar o uso de placas no sistema convencional, minimiza-se o desperdício na montagem das bandejas utilizando a altura padrão da chapa como comprimento base. A primeira bandeja possui 113 cm de comprimento útil com 5 cm de espessura do lado direito da placa, seguidos por 2 cm de avanço em ambos os lados para fixação com parafusos, assim  $113 + 5 + 2 + 2 = 122\text{cm}$ .

As placas dispostas entre a primeira e a penúltima bandeja terão 118 cm de comprimento útil e uma espessura igual a 2 cm, sem avanço, ao somar  $118\text{ cm} + 2\text{ cm} + 2\text{ cm} = 122\text{ cm}$ . Com foco em estimar a quantidade de bandejas que terão essa dimensão, usa-se o algoritmo da divisão. Considere  $w$  o dividendo,  $z$  o divisor,  $q$  o quociente e  $r$  o resto, temos:

$$w = q \cdot z + r \quad (1)$$

Dessa maneira, sendo  $c$  o comprimento, em cm, da fachada, então o comprimento que falta para ser revestido com placas de 118 cm é  $c - 113$ , ao dividi-lo por 118 cm, obtemos um quociente ( $q$ ) e um resto ( $r$ ), isto é:

$$c - 113 = 118 \cdot q + r \quad (2)$$

A variável  $q$  representa a quantidade inteira de bandejas com comprimento de 118 cm, enquanto  $r$  corresponde ao comprimento restante da fachada após a instalação dessas bandejas. Aplicando o algoritmo da divisão, define-se a quantidade total de bandejas restantes, denotada por  $p$ , da seguinte forma:

$$p = \begin{cases} q + 1, & \text{se } r > 0 \\ q, & \text{se } r = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Essa definição se justifica pelo fato de que o valor de  $r$  não representa o que excede, mas sim o comprimento da fachada que ainda falta ser revestida. Portanto, quando  $r > 0$ , é necessário incluir uma bandeja adicional com comprimento  $r$  e altura  $h$ , o que implica na adição de mais uma unidade ao total de bandejas.

Sendo assim, a quantidade de bandejas usadas na face frontal da fachada é a primeira que possui  $113 \text{ cm} \times h$  adicionada de  $p$ . A última bandeja terá como dimensão de comprimento o resto da divisão ( $r$ ). O somatório das áreas das bandejas resultará na área total utilizada, a quantidade de placas utilizadas será definida pela razão entre a área total da fachada e a área da placa padrão usada pela empresa.

Cabe ressaltar que, o resultado encontrado modela um dos problemas específicos de uma empresa do Piauí. As medidas levantadas e estabelecidas como variáveis fixas, como o tamanho de 113 cm e 118 cm, são baseadas no contexto da comunicadora. A generalização do modelo, desse modo, será específica para casos como este. Além disso, as medidas adotadas nesse estudo estarão em centímetros, porque é a unidade de medida padrão utilizada pela comunicadora visual.

### 3.4. Resolução: apresentação do modelo

Adotando:  $c$  = comprimento da fachada,  $h$  = altura,  $q$  = quociente,  $r$  = resto, a área da primeira bandeja é dada por:

$$A_1 = 122h + 1532 \quad (4)$$

Analogamente, a área das bandejas centrais é calculada resolvendo:

$$A_{\text{centrais}} = p \cdot (122h + 1652) \quad (5)$$

A área da bandeja final é encontrada através de:

$$A_{\text{final}} = r \cdot (h + 14) + 9h \quad (6)$$

Logo, a função total da área utilizada é:

$$f(h) = 131h + 1532 + p(122h + 1652) + r(h + 14) \quad (7)$$

A quantidade de placas necessárias é definida por meio:

$$Q_p = \frac{f(h)}{61000} \quad (8)$$

### 3.5. Validação

Para definir a precisão do modelo, analisaremos as Tabelas 2 e 3. Os dados apresentados nas tabelas revelam que o modelo matemático tem eficácia na previsão de placas para revestimento de fachadas. Para os projetos de  $1200 \times 180$  cm e  $600 \times 80$  cm, o modelo acertou precisamente tanto o número de bandejas quanto de placas ACM utilizadas na prática, mostrando 100% de precisão. Essa correspondência exata entre os cálculos teóricos e a execução prática valida a confiabilidade do modelo para essas dimensões.

**Tabela 2. Projetos desenvolvidos pela empresa. Fonte: Empresa (2025).**

Comprimento (cm)	Altura (cm)	Quantidade de bandejas usadas	Quantidade de placas usadas
1200	180	11	4
600	80	6	2
580	110	6	2

**Tabela 3. Resultados baseados no modelo. Fonte: Elaborado pelos autores (2025).**

Comprimento (cm)	Altura (cm)	Quantidade de bandejas usadas	Quantidade de placas usadas
1200	180	11	4
600	80	6	2
580	110	5	2

No entanto, observa-se uma discrepância no projeto de  $580 \times 110$  cm, onde o modelo previu 5 bandejas, mas a empresa utilizou 6 na prática. Esta diferença pode indicar tanto uma possível subestimação do modelo para certas faixas dimensionais quanto um eventual desperdício de material na execução. É importante destacar que, mesmo neste caso, o número de placas ACM previsto pelo modelo coincidiu com o uso real, mantendo a eficiência no dimensionamento do material principal.

### 3.6. AluMeasure

#### 3.6.1. Apresentação da Ferramenta

O *AluMeasure* é uma ferramenta interativa desenvolvida com foco na estimativa eficiente da metragem quadrada de fachadas planas revestidas com ACM, bem como na previsão da quantidade de chapas necessárias para o revestimento completo. Com uma interface limpa, responsiva e de fácil manipulação, a plataforma oferece suporte técnico e visual para projetistas, engenheiros, arquitetos e demais profissionais envolvidos em projetos de comunicação visual e revestimento arquitetônico.

Na tela inicial (Figura 2), o usuário se depara com uma experiência orientada por etapas, onde é possível selecionar dimensões da fachada, incluir recortes e divisões, definir medidas das placas disponíveis no mercado e obter em tempo real os dados consolidados da área útil, perdas estimadas e total de chapas necessárias para o fechamento da estrutura. Além disso, o sistema fornece visualização imediata das alterações em um painel lateral de resumo, com métricas como área total da fachada, área útil após recortes, taxa de aproveitamento e número total de chapas necessárias.

The image displays two side-by-side screenshots of the AluMeasure web application interface.

**Left Screenshot: Dimensões da Fachada (Facade Dimensions)**

- Header:** AluMeasure logo and title: "Sistema profissional para cálculo de área de fachadas planas revestidas com ACM e estimativa de quantidade de placas necessárias".
- Form Fields:**
  - Comprimento da Fachada:** Input field with value "5" and unit "m".
  - Altura da Fachada:** Input field with value "2" and unit "m".
  - Largura da Fachada (opcional - para fachadas 3D):** Input field with value "1" and unit "m".
- Buttons:** "Calcular Área e Placas" (Calculate Area and Plates) and "Limpar" (Clear).
- Instructions:** "Insira as medidas da fachada (comprimento e altura). Digite o comprimento. Digite a altura. Digite a largura (opcional). Dica: Comprimento deve ser maior que 115 cm para o cálculo ser válido. O sistema converterá automaticamente as unidades conforme necessário."

**Right Screenshot: Resultados do Cálculo (Calculation Results)**

- Header:** AluMeasure logo and title: "Sistema profissional para cálculo de área de fachadas planas revestidas com ACM e estimativa de quantidade de placas necessárias".
- Summary Panel:**
  - Área Total (m²):** 13.90
  - Chapas Necessárias:** 3
  - Taxa de Aproveitamento:** 76.0%
  - TOTAL DE BANDEJAS:** 6
- Análise Detalhada (Detailed Analysis):**
  - PRIMEIRA BANDEJA:** 2.59 m²
  - BANDEJAS INTERMEDIÁRIAS (4):** 10.42 m²
  - ÚLTIMA BANDEJA:** 0.89 m²
- Resumo do Projeto (Project Summary):**
  - Área total da fachada:** 13.90 m²
  - Quantidade de chapas ACM:** 3 unidades
  - Área total de chapas:** 18.30 m²
  - Eficiência de aproveitamento:** 76.0%
  - Total de bandejas necessárias:** 6 bandejas
- Buttons:** "Calcular Área e Placas" and "Gerar Relatório PDF" (Generate PDF Report).

**Figura 2. Tela inicial da ferramenta *AluMeasure* e Resumo do cálculo automático e estimativa de chapas, respectivamente.**

A estimativa de placas baseia-se nas dimensões comerciais padrão (ex.: 1,22m x 5m), calculando não apenas a quantidade ideal, mas também as perdas técnicas advindas de recortes e ajustes. Com isso, o *AluMeasure* auxilia na redução de desperdícios e na elaboração de orçamentos mais assertivos, promovendo ganhos operacionais e sustentáveis para as empresas do setor, como pode ser observado na Figura 2.

A interface do usuário foi projetada com foco em acessibilidade e experiência intuitiva, utilizando componentes reutilizáveis e controle de estado global eficiente. Cada ação do usuário reflete imediatamente nas métricas apresentadas, permitindo simulações em tempo real sem a necessidade de recarregamento ou etapas intermediárias.

### 3.6.2. Desenvolvimento do Sistema

O *AluMeasure* foi desenvolvido utilizando *React* com *TypeScript*, adotando uma arquitetura modular orientada a componentes e pastas especializadas para organização de funções, páginas e estilizações. Para a estilização da interface, foi empregada a biblioteca *Tailwind CSS*, que conferiu consistência visual à aplicação. A ferramenta de *build* utilizada foi o *Vite*, garantindo uma experiência de desenvolvimento otimizada.

A lógica computacional aplicada ao sistema foi estruturada com foco na manipulação geométrica bidimensional. O primeiro passo consistiu na abstração da fachada como um plano retangular, sobre o qual o usuário pode adicionar divisões e áreas

de recorte. A subtração dessas áreas foi implementada de forma dinâmica, utilizando somatórios condicionais, a fim de calcular a metragem útil de revestimento com precisão.

Para a estimativa da quantidade de chapas de ACM, o sistema considera dimensões comerciais personalizáveis, permitindo ao usuário selecionar diferentes formatos de placa. A lógica de otimização baseia-se na ocupação do plano com o menor número possível de chapas, assumindo encaixe ortogonal e desprezando rotações, o que é compatível com os critérios usuais de montagem em obra. Perdas técnicas foram incluídas na simulação por meio de coeficientes ajustáveis, garantindo que o cálculo reflita as margens de segurança necessárias para cortes, sobras e desperdícios.

#### 4. Conclusões e Trabalhos Futuros

O presente estudo demonstrou, de maneira clara e objetiva, o potencial da integração entre a Modelagem Matemática e o desenvolvimento de sistemas computacionais como estratégia para solucionar problemas práticos no contexto da comunicação visual, especificamente no dimensionamento de fachadas revestidas com Alumínio Composite Material (ACM). A ferramenta *AluMeasure*, concebida a partir de princípios matemáticos rigorosos e implementada com tecnologias web modernas, revelou-se eficiente na automatização dos cálculos envolvidos na estimativa de chapas, proporcionando maior precisão, agilidade e redução de desperdícios.

Ao abstrair o problema do dimensionamento de fachadas em um modelo geométrico bidimensional e operacionalizá-lo por meio de um sistema interativo, foi possível minimizar erros comuns do processo manual, além de gerar valor para empresas do setor, otimizando tempo de projeto e recursos materiais. O sistema também se destacou por sua usabilidade, responsividade e potencial didático, podendo ser aplicado tanto em ambientes profissionais quanto educacionais.

Como desdobramento futuro, propõe-se a ampliação do sistema para suportar formas geométricas irregulares, integração com bancos de dados de orçamentos e materiais, bem como a criação de versões móveis da plataforma. Ainda, estudos posteriores poderão avaliar o impacto econômico e ambiental da adoção de ferramentas como o *AluMeasure* em larga escala, contribuindo para práticas mais sustentáveis na construção civil.

#### Referências

- Araujo, A. and Tsuji, N. (2014). *Revestimento em ACM: Uso na arquitetura e comunicação visual – guia prático e didático*. Canal 6, Bauru, SP, 1 edition.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2006). Nbr15446: Painéis de chapas sólidas de alumínio e painéis de material composto de alumínio utilizadas em fachadas e revestimentos arquitetônicos – requisitos. Norma técnica, ABNT.
- Bassanezi, R. C. (2002). *Ensino – aprendizagem com Modelagem Matemática*. Editora Contexto, São Paulo, 4 edition.
- Jesus, S. D. d. (2023). Efeitos da substituição da cal hidratada por resíduos de materiais de alumínio composto (acm) em argamassas de emboço. Orientadoras: Profa. Dr<sup>a</sup>. Stela Fucale Sukar; Prof. Dr<sup>a</sup>. Nathalia Bezerra de Lima.
- Montagna, S. and Lopes, D. (2017). Fachadas em acm. Material não publicado formalmente. Apostila.