



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Pedro Luís Pereira Plácido

**Desenvolvimento de uma ferramenta de
cálculo de custos da mão-de-obra direta
imputáveis a uma obra**

Julho de 2023



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Pedro Luís Pereira Plácido

**Desenvolvimento de uma ferramenta de
cálculo de custos da mão-de-obra direta
imputáveis a uma obra**

Dissertação de Mestrado
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor João Pedro Mendonça

Julho de 2023

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer à minha família por todo o apoio e possibilidades que me ofereceram para eu poder concluir a minha formação na área que mais me cativou.

Quero mostrar agradecimentos a todos os docentes da Universidade do Minho que me possibilitaram adquirir conhecimentos e cultivar interesse sobre as mais variadas áreas que o curso de Engenharia Mecânica engloba, destacando o Professor Doutor João Pedro Mendonça, meu orientador nesta dissertação. Aproveito para valorizar os meus colegas de curso que partilharam comigo estes anos de academia e, de quem, certamente levo amizades para a vida.

Quero agradecer ao Engenheiro António Alcides Longras, meu supervisor num âmbito empresarial, por toda a paciência na passagem dos seus conhecimentos sobre sistemas de fachadas, orçamentação e todos os outros temas que foram abordados na elaboração desta dissertação. Na sequência deste agradecimento, não me posso esquecer de destacar a Engenheira Raquel Simões, minha superior hierárquica dentro da empresa, que mostrou uma sensibilidade e humanidade que penso não ter visto antes. Por fim, agradecer também a toda a equipa do departamento de orçamentação da Bysteel pelo acolhimento e pela demonstração de preocupação pelos vários obstáculos que foram surgindo.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

Com a crescente procura de inovar por parte dos arquitetos e com o aparecimento de novos sistemas de fachadas, caixilharia e revestimentos de edifícios, as soluções construtivas raramente são as mesmas num ambiente empresarial exigente. A empresa da Bysteel FS não é indiferente a este fenómeno.

Como tal, a orçamentação destes sistemas é cada vez mais desafiante e requer uma constante atualização de informações com os fornecedores e com os departamentos incluídos no desenvolvimento de obras.

O tema da presente dissertação insere-se nas necessidades da Bysteel FS de quantificação dos custos de mão-de-obra direta na fase de orçamentação.

A elaboração dos orçamentos é feita no *software Microsoft Excel*. Por esta ser uma ferramenta comumente utilizada na empresa e por haver uma facilidade no manuseamento do pessoal do departamento de orçamentação, optou-se por explorar o mesmo.

Desenvolveu-se uma ferramenta de cálculo de custos da mão-de-obra direta, onde se inclui os custos de maquinaria e montagem em fábrica e ainda os custos de instalação em obra. Para esta elaboração, tornou-se necessário compreender o funcionamento, montagem e fabrico dos vários sistemas transformados em fábrica, bem como os de instalação em obra.

Este meio de cálculo possibilita a criação de uma base de dados coerente entre o departamento de orçamentação para uma homogeneidade dos cálculos dos tempos associados a cada sistema. Isto permite regrar e precisar os custos finais calculados. Além das funcionalidades referidas, permite a comunicação entre o departamento de orçamentação e os departamentos envolvidos na criação de uma obra, os de produção da fábrica e de direção de obra.

PALAVRAS-CHAVE

Orçamentação, ferramenta de cálculo, custos, mão-de-obra direta

ABSTRACT

With the increasing demand for innovation by architects and the emergence of new façade, frame and cladding systems for buildings, the construction solutions are rarely the same in a demanding business environment. The Bysteel FS company is not indifferent to this phenomenon.

As such, the budgeting of these systems is increasingly challenging and requires a constant update of information with suppliers and with the departments included in the development works.

The subject of this dissertation falls within the needs of Bysteel FS for the quantification of labour costs in the budgeting phase.

The budgets are drawn up using Microsoft Excel software. As this is a common communication resource in the company and because it is easy to use by the budgeting department staff, it was decided to explore it.

There was developed a direct labour costing tool, which includes the costs of machinery and factory assembly, as well as on-site installation costs. For this preparation, it was necessary to understand the functioning, assembly and manufacture of the various systems transformed in the factory, as well as those of on-site installation.

This means of calculation makes it possible to create a coherent database between the budgeting department for uniform calculations of the times associated with each system. This makes it possible to standardise and precise the final costs calculated. In addition to the functionalities, it enables communication between the estimating department and the departments involved in creating a job, such as factory production and site management.

KEYWORDS

Budgeting, calculation tool, costs, direct labour

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tabelas.....	xii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xiii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	1
2. Revisão Bibliográfica.....	3
2.1 Orçamentação.....	3
2.2 Fachadas.....	7
2.2.1 Introdução.....	7
2.2.2 Requisitos de uma fachada.....	9
2.2.3 Vidro.....	13
2.2.4 Sistemas de Fachadas.....	21
2.2.5 Sistema construtivo das fachadas.....	26
2.3 Caixilharia.....	29
2.3.1 Tipos de caixilharia.....	30
3. Desenvolvimento do projeto.....	36
3.1 Introdução.....	36
3.2 Justificação dos tempos estipulados.....	36
3.3 Elaboração da Matriz de tempos.....	38
3.4 Otimização da matriz de tempos.....	41
4. Caso de Estudo.....	44
4.1 Apresentação do caso de estudo.....	44
4.2 Orçamentação da obra.....	46
4.3 Análise dos tempos de fabrico estimados.....	54

5. Conclusões.....	63
Referências Bibliográficas	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Caderno de encargos geral adaptado.....	4
Figura 2 - Caderno de encargos específico adaptado	4
Figura 3 - Processo de orçamentação	7
Figura 4 - Corte térmico na caixilharia	9
Figura 5 - Requisitos a que uma fachada deve corresponder	10
Figura 6 - Variação da exposição solar conforme os pontos cardeais e a longitude	11
Figura 7 – Performance acústica de acordo com o ruído exterior.....	11
Figura 8 -Classificação da CSTB relativamente à estanquidade da água.....	12
Figura 9 - Norma NF DTU 39 a) regiões com diferentes cargas de vento b) pressão do vento (em Pa) sentida de acordo com a região e altura do edifício	13
Figura 10 - Representação do processo de fabrico do vidro	15
Figura 11 - Classificação anti-infração da caixilharia e vidro segundo a norma EN 1630 e EN 356	19
Figura 12 - Corte de um vidro duplo (Bogas, 2011).....	20
Figura 13 - Designações e conjugações de diferentes vidros.....	21
Figura 14 - Corte vertical de uma fachada VEC.....	22
Figura 15 - Corte horizontal de uma fachada VEC.....	22
Figura 16 - Aspeto visual de uma fachada VEC.....	22
Figura 17 - Corte horizontal de uma fachada VEP.....	23
Figura 18 - Fachada VEP	23
Figura 19 - Componentes de uma fachada VEA.....	24
Figura 20- Fachada VEA	24
Figura 21 - Fachada clássica	25
Figura 22 - Fachada ventilada com fixações visíveis.....	26
Figura 23 - Fachada ventilada com fixações ocultas	26
Figura 24 - Peças de amarração na fachada montante-travessa.....	27
Figura 25 - União entre os montantes e travessas com peça de reforço	27
Figura 26 - Construção modular.....	28
Figura 27 - Fixação entre os módulos a) verticalmente b) horizontalmente	29
Figura 28 - Elementos de uma janela.....	30
Figura 29 – a) Representação esquemática de uma janela de batente à inglesa b) Janela de batente de duas folhas (Adaptado Resende, 2020).....	31

Figura 30 - Janela (a) basculante (b) projetante.....	31
Figura 31 - (a) Representação esquemática de janelas oscilo-batente de 2 folhas (b) representação das aberturas	32
Figura 32 - Janela pivotante (a) vertical de duas folhas (b) horizontal de uma folha.....	32
Figura 33 - Porta de correr (a) embutida na parede (b) de 2 folhas fixas e 2 folhas móveis.....	33
Figura 34 - (a) Janela guilhotina (b) Ferragem borboleta	33
Figura 35 - Janela harmónico com vista principal e corte horizontal.....	34
Figura 36 - Janela corredora-elevadora.....	34
Figura 37 - Caixilharia (a) vitrô (b) vitrô esquemática	35
Figura 38 - Divisão dos grupos de fachadas na matriz de tempos	38
Figura 39 - Divisão alternativa dos grupos de fachadas na matriz de tempos	39
Figura 40 - Exemplo da folha de "Tarifas e tempos"	39
Figura 41 - Tabela de preenchimento com quantidades dos elementos construtivos	40
Figura 42 - Tabela de cálculo dos tempos e respetivos custos	40
Figura 43 - Aspeto e organização final da matriz de tempos	41
Figura 44 - Área editável da matriz de tempos.....	42
Figura 45 - Área de cálculo dos tempos na matriz	42
Figura 46 - Visualização das colunas de cálculo na matriz de tempos	43
Figura 47 - Somatório dos custos de cada elemento construtivo por artigo	43
Figura 48 - Mapa de quantidades.....	45
Figura 49 - Corte representativo da fachada e legenda da mesma	46
Figura 50 - Processo de orçamentação	47
Figura 51 - Coeficiente térmico médio das fachadas estudadas	48
Figura 52 - Vista em alçado da fachada representativa	49
Figura 53 - Vista em planta da fachada representativa	49
Figura 54 - Vista frontal da fachada representativa	50
Figura 55 - Introdução dos vãos no orçamento.....	50
Figura 56 - Introdução dos custos dos materiais no orçamento	51
Figura 57 - Introdução das quantidades dos elementos construtivos na matriz de tempos.....	51
Figura 58 - Tempos e custos totais de fabrico, montagem e instalação.....	52
Figura 59 - Custos indiretos considerados no orçamento.....	53
Figura 60 - Valores finais calculados para orçamentação.....	53

Figura 61 - Apresentação dos valores orçamentados ao cliente.....	54
Figura 62 - Corte vertical tipo da fachada	60
Figura 63 - Identificação das quinagens na fachada tipo.....	61

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Limites da composição de elementos do vidro de acordo com a norma EN 572	13
Tabela 2 - Propriedades do vidro.....	14
Tabela 3 - Classificação anti-infração do vidro relativamente à norma EN 356 com testes em laboratório	18
Tabela 4 - Tabela resumo para os tempos das tarefas	62

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

BIM - Building Information Modelling (Modelação de Informação da Construção)

CCS - Code Composer Studio (Estúdio de Composição de Código)

CSTB - Centre Scientifique et Technique du Batiment (Centro Científico Técnico de Construção)

DST – Domingos da Silva Teixeira

EN – European Norm (Norma Europeia)

EPDM - Ethylene Propylene Diene Monomer (Etileno Propileno Dieno tipo M ASTM)

HST – Heat Soak Test (Teste de Calor de Absorção)

ISO - International Organization for Standardization (Organização Internacional de Normalização)

NiS – Sulfureto de Níquel

NP – Norma Portuguesa

NF DTU – Norme Française Documents Techniques Unifiés (Norma Francesa Documentos Técnicos Normalizados)

PVB - Polivinil butiral

PVC – Policloreto de Vinil

SG – Structural Glazing (Vidro Estrutural)

VEA – Vidro Exterior Agrafado

VEC – Vidro Exterior Colado

VEP – Vidro Exterior Preso

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

Esta dissertação de mestrado tem como objetivo a determinação e análise de custos da mão-de-obra de transformação e montagem de fachadas na fábrica da Bysteel FS e de instalação em obra.

A empresa atua na área de desenvolvimento de projeto, na transformação, montagem e instalação de sistemas de fachadas de grande dimensão e/ou complexidade. Estes têm exigências ou requisitos que podem ser arquitetónicas, estruturais, energéticas, acústicas, térmicas ou de estanquidade.

Pretende-se elaborar uma ferramenta que possibilite uma forma regrada de cálculo de custos para posterior introdução nos orçamentos apresentados em cada projeto. Também permite a comunicação entre o departamento comercial de orçamentação com os restantes departamentos que se inserem nestes custos atribuídos.

O foco da dissertação será nos custos imputáveis à fábrica e respetivos processos de fabrico, mais do que os custos de instalação em obra.

1.2 Objetivos

Com a grande complexidade e necessidades dos projetos de fachadas, os sistemas encontrados para os solucionar raramente são os mesmos. Como tal, a quantificação dos tempos de corte e montagem em fábrica e os de instalação em obra são algo ambíguos na empresa. Estes representam custos que são necessários para inclusão nos orçamentos apresentados aos clientes. Quanto mais bem definidos e rigorosos forem estes tempos mais exata e bem conseguida será a estimativa de orçamento.

A presente dissertação irá identificar os custos de corte e montagem de elementos construtivos na fábrica da Bysteel FS juntamente com os de instalação em obra.

Nos sistemas utilizados incluem-se caixilharias e fachadas de alumínio ou aço, janelas e portas, acessórios e ferragens, fachadas compósito e *sandwich* e ainda sistemas de cassetes de alumínio. Também se trabalham chapas de remate e restantes acabamentos.

Cada sistema será decomposto em elementos construtivos menores para facilitar a contabilização dos tempos.

Com os tempos estimados é possível atribuir um custo à mão-de-obra direta. Posteriormente, pode-se manipular estes dados e agrupar conforme a necessidade do utilizador.

Após esta determinação, os custos serão aplicados nos orçamentos de forma regrada, coerente e estruturada, o que permite uma elaboração mais rápida e uniforme (Correia, 2012).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão apresentados conceitos de orçamentação na área de engenharia civil para adquirir as bases teóricas necessárias para a formulação e desenvolvimento desta dissertação. Serão também explorados conceitos de fachadas, caixilharia e elementos constituintes destes.

2.1 Orçamentação

A orçamentação é o processo de determinação dos custos que englobam uma obra, juntamente com margens, lucros, taxas ou tarifas. Para se elaborar um orçamento é necessário realizar um estudo da obra e dos sistemas a utilizar, efetuar um levantamento das quantidades das soluções a aplicar, atribuir um preço às soluções, montar o orçamento e apresentá-lo num formato compreensível para o cliente (Mattos, 2006).

Na estimativa de custos de um orçamento de Engenharia não são apenas necessários conhecimentos técnicos das soluções a apresentar, mas existe também a “necessidade de conhecimentos que vão desde a legislação profissional, legislação tributária e fiscal, conhecimento do mercado de materiais e de mão-de-obra, no seu mais amplo sentido” (Tisaka, 2006).

No contexto em que vivemos devido a toda a situação pandémica (ou pós-pandémica) da Covid-19 e a guerra entre a Rússia e a Ucrânia “se não tivermos um conhecimento adequado e suficiente na forma de calcular o orçamento ou os honorários, corremos o risco de darmos preços excessivamente elevados e fora da realidade do mercado” (Tisaka, 2006). Isto implica mais do que nunca uma competitividade empresarial elevada e a procura pela adaptação e atualização das enormes flutuações do mercado.

Ao estudar uma obra e dependendo da sua complexidade, sendo esta apenas para habitações convencionais ou sendo para edifícios inovadores e utilizando tecnologias mais ou menos específicas, os riscos associados a cada orçamento são bem diferentes (Mattos, 2006). Será de esperar que para obras mais complexas e de maior dimensão, a incerteza seja maior. A capacidade de interpretar e validar as soluções apresentadas pelo cliente é algo que necessita de ser avaliado por um orçamentista, pelos fornecedores dos materiais e, se necessário, por um projetista.

Para chegar a um orçamento é necessário categorizar todas as despesas envolvidas no processo e “quando o custo de um trabalho não pode ser estimado por ser demasiado complexo, o trabalho é subdividido até o poder ser” (Nicholas & Steyn, 2008). Daqui surge a necessidade de quantificar a obra em artigos que se encontrem incluídos na responsabilidade do empreiteiro.

Existem diversos documentos que o dono de obra pode transmitir ao empreiteiro, como cadernos de encargos gerais ou específicos, desenhos de plantas e de alçados, cortes, desenhos de detalhes considerados relevantes, mapas de vãos, listas de quantidades, entre outros. Em fases embrionárias do projeto, é imperativo que orçamentista realize as suas próprias medições, podendo encontrar erros ou contabilizar os artigos de forma mais correta de um ponto de vista técnico (Jesus, 2021).

A Figura 1 mostra um exemplo de como pode ser dividido um caderno de encargos geral. Normalmente apenas são descritas cláusulas e obrigações a que as partes envolvidas devem cumprir.

1.- CONDIÇÕES ADMINISTRATIVAS.....	7
CAPÍTULO I. DISPOSIÇÕES INICIAIS.....	7
CAPÍTULO II. OBRIGAÇÕES DO EMPREITEIRO.....	8
CAPÍTULO III. OBRIGAÇÕES DO DONO DA OBRA.....	18

*Figura 1 - Caderno de encargos geral adaptado
(Pinto, 2009)*

A Figura 2 remete a um caderno de encargos específico onde é possível adquirir informação sobre cada tipo de trabalho com as normas a seguir, com uma descrição de como devem ser feitos os trabalhos, de como contabilizar as dimensões, entre outros.

2.- CONDIÇÕES TÉCNICAS.....	28
2.1.- Especificações sobre os materiais.....	28
2.2.- Especificações sobre a Execução dos Trabalhos.....	60
2.2.1.- Acondicionamento do terreno.....	62
2.2.2.- Fundações.....	73
2.2.3.- Estruturas.....	78
2.2.4.- Fachadas.....	81
2.2.5.- Divisões.....	90
2.2.6.- Instalações.....	101
2.2.7.- Isolamentos e impermeabilizações.....	160
2.2.8.- Coberturas.....	161
2.2.9.- Revestimentos.....	164
2.2.10.- Equipamentos fixos e sinalização.....	177
2.2.11.- Infra-estruturas no logradouro.....	182
2.2.12.- Gestão de resíduos.....	199
2.2.13.- Controlo de qualidade e ensaios.....	200
2.2.14.- Segurança e saúde.....	201

*Figura 2 - Caderno de encargos específico adaptado
(Pinto, 2009)*

Utilizando a tecnologia BIM (Building Information Modelling), de um modelo 3D, é possível extrair com facilidade as quantidades e propriedades dos materiais permitindo a interoperabilidade entre as tecnologias de informação e comunicação, bem como a sua aplicação a todo o ciclo de vida do projeto (Coelho, 2016). Contudo, como referido anteriormente a verificação do modelo apresentado pelo empreiteiro é sempre necessário.

Na elaboração de custos de um orçamento há dois grandes grupos, os custos diretos e os custos indiretos. Os custos diretos são despesas diretamente relacionadas com a obra, como por exemplo, materiais para a sua conceção, mão-de-obra e equipamentos necessários para a realizar. Quando estes podem ser atribuídos a uma unidade ou medida, trata-se de custos unitários. Quando isto não é possível atribui-se uma verba ou taxa (Faria, 2014; Jesus, 2021).

Os custos indiretos, segundo Tisaka, podem ser definidos porque não são diretamente necessários para a elaboração da obra, mas sim para o funcionamento da empresa, adicionando ainda as taxas e contribuições a este grupo. Alguns exemplos de custos indiretos, segundo esta perspetiva, são custos administrativos como salários e alimentação dos funcionários, taxas de risco e de comercialização.

Segundo Horngren, Sundem & Stratton (referenciado em Cunha da Silva, 2016), atribui-se aos custos indiretos todos os custos que não estão associados a um objeto de custo. Um objeto de custo, está ligado diretamente ao produto que, neste caso, é a obra. Assim sendo, os salários do pessoal dos escritórios e dos executivos estão considerados nos custos indiretos pois não se enquadram nos custos que afetam diretamente a obra.

Tendo as quantidades devidamente levantadas e verificadas, é necessário entrar em contacto com os fornecedores dos diversos materiais que vão compor a obra. Quanto maior for a variedade e complexidade dos materiais a pedir, maior poderá ser o erro por parte dos fornecedores ou do responsável pela medição. É sempre necessário retificar se os fornecedores estão a considerar corretamente o que lhes foi pedido, quer sejam as quantidades ou as soluções pretendidas. Com futuras revisões que os arquitetos efetuam, também se torna necessário atualizar estas junto dos fornecedores e procurar confirmar a viabilidade das soluções apresentadas bem como atualizações das cotações que podem surgir devido às flutuações dos mercados. (Mattos, 2006)

A comparação das cotações recebidas é um passo fundamental que pode fazer uma grande diferença no orçamento. Tendo um fornecedor que apenas consegue responder a um material e tendo outro que fornece com a pintura, não é possível comparar as cotações. É então necessário consultar um pintor para complementar a primeira cotação. Esta combinação de diferentes fornecedores pode ser muito vantajosa. (Mattos, 2006)

Com estes conceitos esclarecidos, pode-se passar à fase em que se calcula o custo da mão-de-obra imputável à obra, que representa uma fatia substancial no orçamento. Ao salário base dos trabalhadores é necessário adicionar todos os custos impostos pela legislação, seguros, alimentação, habitação, segurança social, extras, entre outros. Geralmente atribui-se percentagens do salário base para acrescentar os seguros e os custos impostos pela legislação. Pode-se também calcular através de

fórmulas para mais exatidão, porque dependendo dos contratos dos trabalhadores é necessária uma análise diferenciada entre estes custos. (Furtado, 2000; Jesus, 2021).

Os custos indiretos merecem uma atenção especial, pois é necessário identificar e determinar os custos que não estão diretamente implícitos à obra. Os custos de diversos departamentos como o de Projeto e Preparação de obra, custos de estaleiro, ensaios, logística, são apenas alguns exemplos destes.

Atualmente, devido à complexidade das variáveis e cálculos envolvidos na elaboração de um orçamento a utilização de *softwares* torna-se muito útil. Estas ferramentas tornam o processo muito mais exato e rápido. Estão equipados com base de dados para facilitar o acesso à informação previamente usada e funções como o rendimento de trabalhos. Entre os programas do mercado existem os seguintes (Jesus, 2021):

- Sistema Integrado de Gestão de Projetos (Candy – CCS);
- *Centralgest*,
- Arquimedes e Controlo de Obra (*Software Cype Ingenieros*);
- Primavera *Construction*;
- Sage *Software* Construção

Com a introdução de todas as variáveis no orçamento este está quase completo. Resta definir as margens e taxas para o bom funcionamento da empresa. Por fim, cabe ao orçamentista apresentá-lo ao cliente, de forma que este o entenda e seja de fácil compreensão. Por vezes, é exigido que o orçamento seja apresentado num certo formato através de um *template*. Contudo, o processo não está concluído, em fases iniciais do projeto é normal existirem revisões por parte do cliente e do orçamentista, devido a flutuações do mercado, alterações na arquitetura e nas soluções construtivas o que leva a um processo de reorçamentação. Resumindo o processo de orçamentação, tem-se a Figura 3:

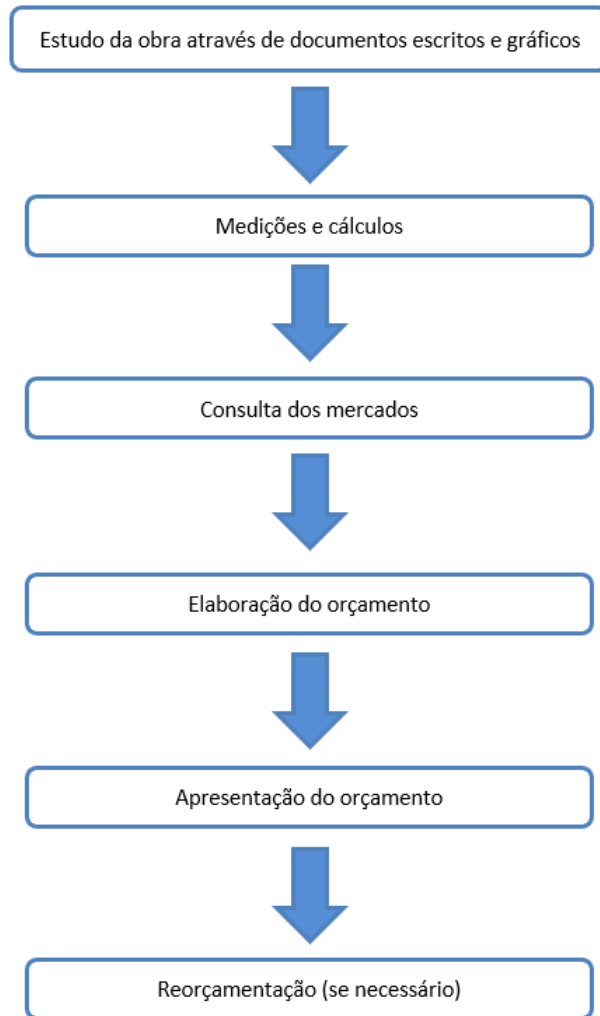


Figura 3 - Processo de orçamentação

2.2 Fachadas

2.2.1 Introdução

A principal função das fachadas é criar um revestimento seletivo para o interior do edifício de maneira a protegê-lo contra os diversos elementos climáticos indesejáveis (temperatura, água, vento, neve, luz solar, etc.). Os ruídos, infrações, vandalismos e incêndios são também fatores importantes a ter em conta na concepção de uma fachada.

Atualmente com o desenvolvimento tecnológico e vontade de inovar por parte dos arquitetos, as fachadas têm um papel diferenciado. Desempenham um papel de eficiência energética, porque minimizam a climatização necessária para o conforto das pessoas, mas também assumem um papel estético desejado pelos arquitetos (Sacht, 2012).

Os materiais usados para uma fachada podem ser muito variados e compostos por:

- Pedra;
- Argila;
- Betão;
- Madeira;
- Metais;
- Vidro;
- Polímeros;

A conjugação destes materiais serve para garantir suportes e fixações, resistência mecânica, propriedades térmicas, estanquidade, conforto, estética apelativa da fachada, entre outros. Cada um destes materiais possui características que podem ser exploradas tanto pelos arquitetos como pelos engenheiros de modo a produzir os mais diversos resultados.

As fachadas cortina são as mais utilizadas atualmente em grandes edifícios pela sua versatilidade, aspeto moderno e vantagens energéticas. São identificadas por terem uma ou mais camadas no exterior do edifício formando uma “pele”. Este tipo de fachada é caracterizado por ter uma estrutura própria e não utilizar a do edifício. (Oliveira & Melhado, 2009; Lang, 2004)

Dentro do grupo de materiais metálicos temos o aço, o alumínio que são os mais utilizados atualmente e ainda o bronze, titânio, ouro, cobre e chumbo que normalmente servem de revestimento estético ou contra a corrosão.

Contudo, a utilização destes materiais no seu estado puro não é conveniente devido às suas propriedades mecânicas, térmicas, físicas ou custos associados. Atualmente, a utilização de ligas de alumínio ou de ligas ferrosas são as mais comuns, pois as suas propriedades são mais vantajosas na conceção de fachadas. Permitem uma grande versatilidade, geralmente, associada a um baixo custo. (Lang, 2014)

Para atingir um melhor isolamento da fachada é comum utilizar um corte térmico composto por um polímero. É utilizado em fachadas metálicas, por estas apresentarem uma elevada condutibilidade térmica. É aplicado entre o perfil exterior e o perfil interior criando uma barreira térmica. Na Figura 4 é possível observar o corte térmico inserido entre o perfil interior e exterior da caixilharia. Com a utilização deste material a condutibilidade térmica da fachada baixa consideravelmente tornando-a mais eficiente energeticamente. (Sacht, 2012)



Figura 4 - Corte térmico na caixilharia

2.2.2 Requisitos de uma fachada

A Figura 5 mostra a interação entre o exterior e interior do edifício e respetivas funções que uma fachada necessita de cumprir de acordo com os requisitos exigidos.



Figura 5 - Requisitos a que uma fachada deve corresponder
(Lang, 2014)

Para se poder quantificar os requisitos a que uma fachada necessita de corresponder é necessário efetuar estudos que são feitos por empresas especializadas na área, quer sejam de carácter

térmico, de fluídos, acústico, estrutural, entre outros. Normalmente, são apresentados valores ou intervalos de valores que as fachadas devem cumprir para estas funções.

A Figura 6 mostra a variação da exposição solar conforme os pontos cardeais e a longitude, que é apenas um exemplo dos muitos dados que estas organizações necessitam de estudar. As estações do ano também influenciam este estudo.

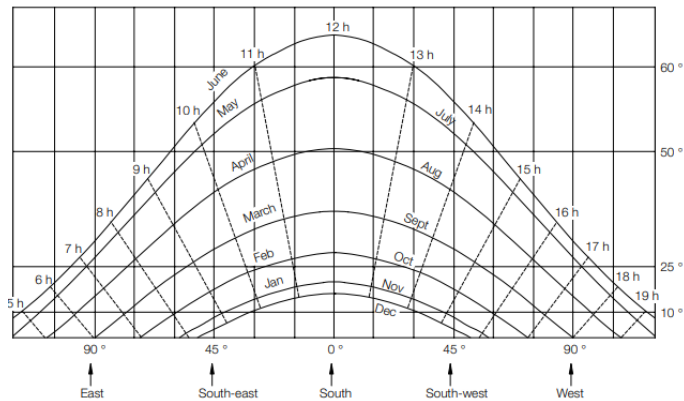


Figura 6 - Variação da exposição solar conforme os pontos cardeais e a longitude
(Lang, 2004)

Conforme os relatórios e informações apresentadas por estas empresas especializadas, os desempenhos a cumprir pelas fachadas podem variar dependendo dos alçados do edifício. Numa obra exigente, o estudo de combinações de diferentes estores, materiais, soluções construtivas da fachada, incorporação de sombreamentos, espessuras de vidro e capas térmicas de vidros devem ser analisados para se criar os microclimas pretendidos. Nestes microclimas, a atenção ao conforto térmico, luz solar, humidade e ventilação são essenciais.

Analisando as reduções acústicas, a Figura 7 mostra os decibéis que uma fachada representativa, deve garantir no interior do edifício, conforme o ruído sentido no exterior. (Sacht, 2012; Lang, 2004)

Noise level range	Relevant external noise level dB [A]	reqd. $R'_{w, res}$ of ext. component dB [A]		
		bed-rooms	living quarters	offices ¹⁾
I	≤ 55	35	30	–
II	56–60	35	30	30
III	61–65	40	35	30
IV	66–70	45	40	35
V	71–75	50	45	40
VI	76–80	²⁾	50	45
VII	> 80	²⁾	²⁾	50

Figura 7 – Performance acústica de acordo com o ruído exterior
(Lang, 2004)

Como Sacht refere, há imensas normas e regulamentações da ISO, da União Europeia ou nacionais (por vezes mais exigentes que as internacionais) que estabelecem condições e processos lógicos a seguir de maneira a poder-se chegar a resultados válidos. Estas existem para todos os fatores que uma fachada deve controlar, por isso, são uma excelente guia para os engenheiros projetistas.

A estanquidade é outro fator preponderante que os sistemas devem cumprir. Estes valores são fornecidos por empresas especializadas contactadas pelo clientes e validados pelos fornecedores que necessitam de certificações, de modo que os valores apresentados confirmem a viabilidade das soluções. Existem estas normas para a estanquidade da água, vento e ar. A Figura 8 mostra a classificação que um caixilho pode receber relativamente à estanquidade da água segundo o gabinete francês CSTB (Centre Scientifique et Technique du Batiment).

Quadro n.º 4 Classificação quanto a estanquidade			
E - Estanquidade à água – Por dois métodos: A e B			
Pressão de ensaio P _{máx.} Em Pa ⁽¹⁾	classificação		Especificações
	Método de ensaio A	Método de ensaio B	
150	4A	4B	Classe 3+5 min
200	5A	5B	Classe 4+5 min
250	6A	6B	Classe 5+5 min
300	7A	7B	Classe 6+5 min
450	8A2	-	Classe 7+5 min
600	9A2	-	Classe 8+5 min
> 600	Exxx	-	Acima da classe 600 Pa por patamares de 150 Pa, a duração desse patamar deve durar 5 minutos.

(1) Após 15 minutos à pressão nula e 5 minutos em patamares sucessivos
(2) A escolha do método A ou B deve ser feito pelas prescrições do DTU 37-1

Figura 8 - Classificação da CSTB relativamente à estanquidade da água
(Fernandes, 2005)

No entanto, as fachadas devem permitir a circulação do ar sempre que possível para evitar o que se define como “*sick building syndrome*”. Este fenómeno refere que os ocupantes do edifício têm problemas de saúde ou conforto quando passam um determinado tempo dentro deste. Estes sintomas estão diretamente associados à ventilação do edifício. (Thörn, 1998)

Analisando os efeitos climatéricos, mas agora de um ponto de vista de esforços, as fachadas devem precaver-se contra as cargas mecânicas impostas, quer sejam de vento ou de neve. Para além destas cargas, o peso próprio, representa uma grande percentagem dos esforços mecânicos a que uma fachada está sujeita. Uma fachada deve garantir um valor de resistência superior ao somatório destas cargas, sendo necessário um correto dimensionamento do vidro, utilização de ferragens corretas e, se necessário, criar estruturas de suporte ou reforços dos elementos estruturais da fachada. (Lang, 2004)

Dependendo do país em que se irá realizar a obra, há normas nacionais ou europeias/internacionais que caracterizam as cargas mecânicas climáticas, como é possível verificar na Figura 9. Na norma francesa NF DTU 39, há uma divisão do país por regiões conforme as cargas de vento sentidas. Dependendo da região e a altura do edifício em questão, pode-se chegar a pressões de vento, em Pascal, para um correto dimensionamento do vidro. Para tal, pode-se utilizar folhas de cálculo que verificam se as flechas máximas são suportadas ou não.

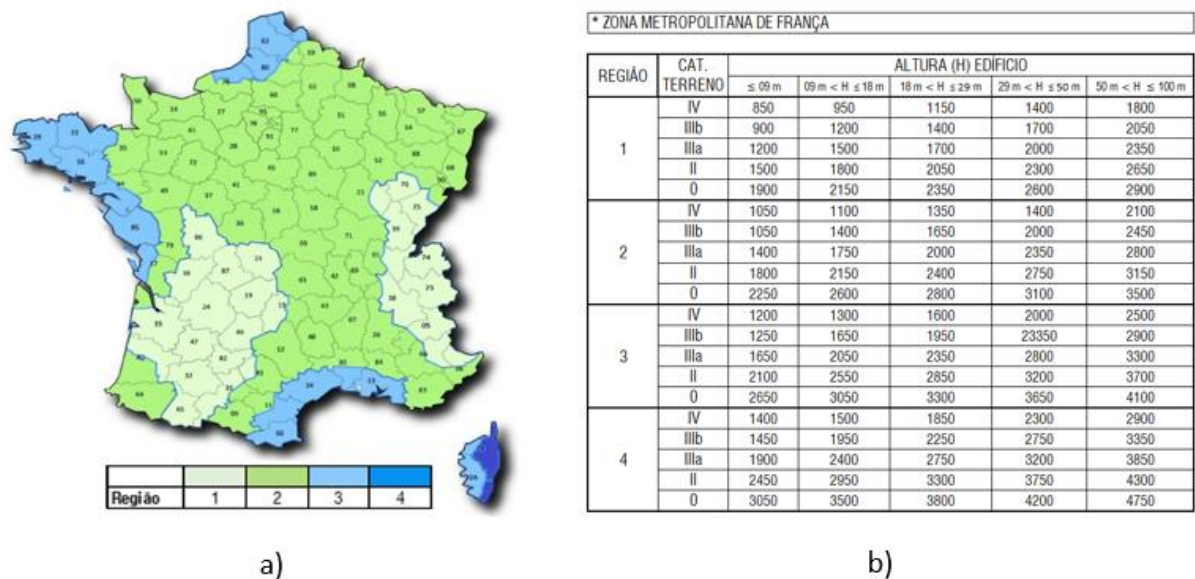


Figura 9 - Norma NF DTU 39 a) regiões com diferentes cargas de vento b) pressão do vento (em Pa) sentida de acordo com a região e altura do edifício

2.2.3 Vidro

“Glass is among the oldest building materials”, citado de Lang, 2014, o vidro é utilizado em praticamente todos os edifícios e confere uma estética sofisticada. É, portanto, um material preponderante na construção civil e o seu estudo e compreensão é imprescindível.

Este material é uma mistura homogênea de areia, óxidos de cálcio e sódio e mais alguns elementos como se pode verificar na Tabela 1. Há limites impostos pela norma EN 572 para garantir que a composição assegure a qualidade do vidro. A Tabela 2 demonstra algumas propriedades do vidro.

Tabela 1 - Limites da composição de elementos do vidro de acordo com a norma EN 572 (Lang, 2014)

Silicon dioxide	(SiO ₂)	69–74%
Calcium oxide	(CaO)	5–12%
Sodium oxide	(Na ₂ O)	12–16%
Magnesium oxide	(MgO)	0–6%
Aluminium oxide	(Al ₂ O ₃)	0–3%

This composition has been standardised for Europe in EN 572, part 1.

Tabela 2 - Propriedades do vidro

(Adaptado Lang, 2014)

Property	Value and unit
Density at 18 °C	2500 kg/m ³
Hardness	6 units on the Mohs scale
Modulus of elasticity	7 × 10 ¹⁰ Pa
Poisson's ratio	0.2
Specific heat capacity	0.72 × 10 ³ J/(kg × K)
Average coefficient of thermal expansion	9 × 10 ⁻⁶ K ⁻¹
Thermal conductivity	1 W/(m × K)
Average refractive index for the visible range of wavelengths 380–780 nm	1.5

VIDRO FLOAT

Para obtenção do vidro *float*, o vidro mais utilizado na construção civil, que apresenta excelente qualidade de superfície, deve-se, inicialmente, aquecer a mistura dos constituintes acima de 1000°C. De seguida, a mistura é escoada para uma base líquida de estanho e por ser menos densa flutua, daí o nome dado ao vidro. Nesta fase, o vidro começa a arrefecer lentamente começando a solidificar, sem ocorrer a cristalização. Estando solidificado passa para área seguinte, a câmara fria onde completa a fase de solidificação lentamente. No final desta fase, procede-se à inspeção do vidro para deteção de fissuras ou imperfeições visuais. Por fim, o vidro é cortado de acordo com o tamanho pretendido e é armazenado. A Figura 10, esquematiza este processo de fabrico. No final obtém-se um vidro homogéneo e isotrópico.

Este processo apresenta um limite de dimensões de 3210 mm x 6000 mm, porém o comprimento pode ser maior, mas isto representa custos acrescidos. No entanto, o vidro não pode ter mais de duas dimensões superiores a 3210 mm, visto não existirem fornos com uma largura/comprimento superior a este valor.

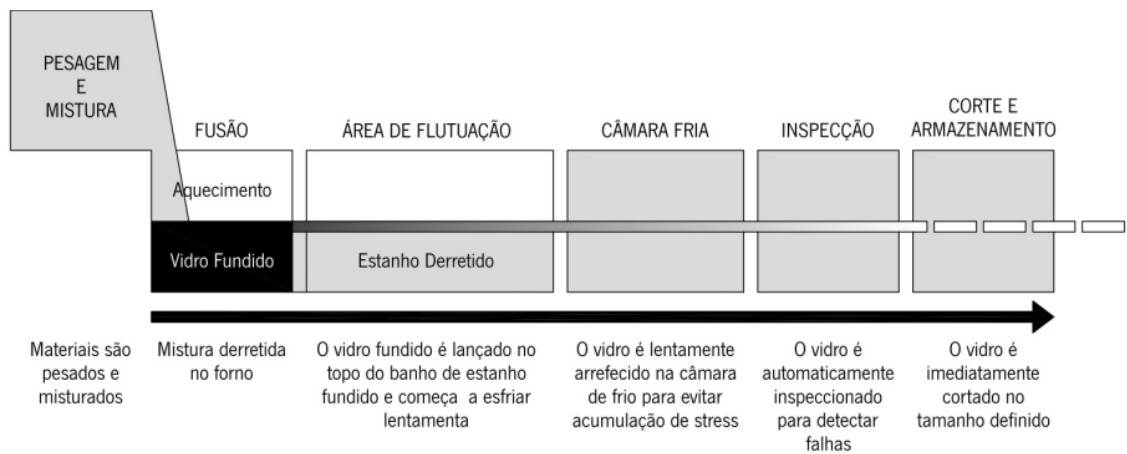


Figura 10 - Representação do processo de fabrico do vidro
(Bogas, 2011)

No final da produção do vidro, o corte deste introduz uma concentração de tensões, imperfeições e arestas vivas nestas zonas que representam uma série de problemas, desde propensão a fraturas, risco de lesões no manuseamento e estética desagradável. Por estes motivos, estas arestas são eliminadas. Primeiro, efetua-se um recorte das arestas vivas e, de seguida, recorre-se a um polimento para se obter um brilho característico do vidro.

Após este processo de eliminação das arestas de corte, é frequente que se efetuem tratamentos térmicos ao vidro para conferir maior resistência mecânica, maior resistência aos choques térmicos e em caso de quebra, controlo do tamanho e arestas vivas dos fragmentos.

O acabamento visual deste tipo de vidro é ligeiramente esverdeado devido aos óxidos de ferro e é mais notório quando a espessura de vidro é maior. Por vezes, este resultado não é o pretendido e para se obter um vidro completamente transparente requer-se uma alteração da composição química deste. Estes vidros são descritos como extra claros ou *low iron*, devido à sua baixa quantidade de óxido de ferro na mistura, componente que confere a cor indesejada. Podem ainda ser adicionados óxidos de metal que conferem outras cores ao vidro. Estas cores podem ser vantajosas pois ajudam no controlo de radiação e, conseqüentemente, o controlo dos ganhos energéticos. Por outro lado, aumentam a absorção de energia, o que pode provocar diferenças térmicas no conjunto do vidro levando este a estilhaçar. Por este motivo, é necessário efetuar um têmpera para confirmar maior resistência aos choques térmicos que o vidro pode sofrer.

Para além da manipulação da composição química do vidro, é possível efetuar tratamentos superficiais do vidro. Há métodos químicos e mecânicos que alteram a transparência do vidro, a absorção térmica do vidro e, conseqüentemente, a energia que passa para o interior do edifício. Aplicando um tratamento químico de "*acid-etching*" o vidro é tratado com ácido sulfúrico. Inicialmente o ácido retira

excesso de material do vidro, tornando-o liso e com uma rugosidade superficial baixa. Com o tempo, a solução começa a formar derivados não solúveis na superfície do vidro que originam uma cor mais escura. Previamente pode ser adicionado uma cera para criar um padrão ou desenho no vidro. Este processo é relativamente simples, barato e produz um acabamento superficial muito bom. Podem ainda ser adicionadas soluções químicas para aumentar a dureza da superfície. (Shubhava; Jayarama; Kannarpady; Kale; Prabhu; Pinto, 2022)

Alternativamente, o vidro pode ser polido através de um jato de areia, com grãos de maiores ou menores dimensões dependendo do acabamento superficial que se pretende. Comparando com o tratamento químico, este processo produz uma rugosidade superficial maior, mas com custos inferiores.

É ainda possível a aplicação de revestimentos metálicos ao vidro para controlo da absorção da radiação, que também podem ser referidos como capas. Este método é o que produz melhores efeitos para isolamento térmico. A utilização destes revestimentos aumenta consideravelmente a reflexão da radiação infravermelha para o exterior. Pode-se realizar esta aplicação de duas maneiras distintas, a *“online”* e a *“offline”*.

No processo *“online”*, o material é introduzido sob a forma de líquido, vapor ou pó no processo de produção do vidro, enquanto este ainda está quente. Por outro lado, pode ser aplicado por uma imersão ou pulverização catódica, sendo este o processo *“offline”*. Na imersão, o revestimento é aplicado em ambas as faces do vidro, enquanto na pulverização pode ser apenas aplicada numa das faces. Dependendo da capa utilizada no processo *online*, esta pode ter restrições na posição em que é inserida, sendo apenas possível em algumas. Os revestimentos do processo *“offline”* são menos duros e menos resistentes do que no processo *“online”*, por isso, este método é apenas usado em vidros isolantes, vidros duplos ou triplos, e nos laminados por serem mais resistentes.

VIDRO RECOZIDO

O recozimento do vidro é realizado recorrendo a um aquecimento do vidro e posterior arrefecimento lento eliminando tensões residuais e aumentando a tensão de rotura do material. Quando este parte, os fragmentos são de grandes dimensões e afiados. Tendem a representar um risco de segurança. O valor máximo de rotura à tração deste vidro é de 41 MPa. (Bogas, 2011)

VIDRO TEMPERADO

O vidro temperado termicamente é produzido através de um tratamento térmico de têmpera. Aquece-se o mesmo acima de 640°C e depois arrefece-se o vidro rapidamente através de jatos de ar.

Este processo, introduz tensões de compressão na superfície, o que aumenta ainda mais a tensão de rotura. Quando comparado com o recozimento, este é superior, aumentando os valores de rotura entre os 90 e 120 MPa. No entanto, este vidro não pode ser transformado após este processo, por isso, têm de ser feitas peças à medida anteriormente. Se este vidro tratado termicamente partir, é de esperar que os seus fragmentos sejam de dimensões pequenas e não afiadas, não representando um risco de segurança como os vidros recozidos.

É necessário ter atenção a este tratamento térmico, pois podem existir impurezas na constituição deste vidro, nomeadamente sulfuretos de níquel (NiS). Quando estas impurezas estão presentes em quantidades críticas e, posteriormente, são submetidas a uma temperatura ligeiramente alta, estes elementos vibram e geram roturas espontâneas do vidro. Efetuando um teste chamado *Heat Soak Test* (HST), pode-se reduzir este risco de rotura em 95%. Este teste ou tratamento complementar sujeita os vidros a um aquecimento gradual do vidro até quase 300°C, mantém esta temperatura durante algumas horas e depois arrefece gradualmente o vidro até à temperatura ambiente. É feito este teste para verificar se a quantidade de sulfureto de níquel é suficiente para originar uma rotura ou não. Os vidros que não partirem representam um risco de quebra baixo.

Contudo, este teste representa custos acrescidos e como a presença de sulfuretos de níquel não é comum, este teste não é obrigatório nos vidros temperados. Ainda assim, é necessário ver qual será a aplicação do vidro e, se necessário, realizar o teste HST.

VIDRO TERMOENDURECIDO

O vidro termo-endurecido é considerado um tratamento térmico intermédio entre os dois tratamentos referidos anteriormente, é muito semelhante ao da têmpera, mas o arrefecimento é feito de forma mais gradual, porque se utilizam jatos de ar menos intensos. Desta forma, as tensões compressivas introduzidas na superfície do vidro são menores e, conseqüentemente, a tensão de rotura é inferior quando comparado com o vidro temperado, no entanto, é maior do que o vidro recozido com valores entre os 40 e 75 MPa.

VIDRO LAMINADO

O vidro laminado é constituído por dois ou mais vidros monolíticos (designam-se como vidros monolíticos cada folha de vidro) unidos por uma película intercalar de grande aderência, normalmente é usado Polivinil Butiral (PVB). Esta película consegue filtrar os raios ultravioleta, quase na totalidade (99,6%). Após um processo de laminação a cerca de 140°C envolvendo estes materiais obtém-se um

vidro simples laminado, independentemente do número de vidros monolíticos usados. Pode ser aplicado um PVB com características acústicas quando se procura reduções acústicas mais exigentes.

Combinando os vidros monolíticos com diferentes espessuras de PVB, obtêm-se características mais ou menos interessantes de acordo com as especificações. Este vidro é considerado um vidro de segurança, pois quando quebra, o PVB mantém os estilhaços colados ao conjunto. Estes vidros apresentam uma melhor proteção contra infrações (roubo) devido à espessura da película intercalar, quanto maior, melhor será a classificação obtida.

No entanto um vidro laminado, para a mesma espessura, não é mais resistente do que um vidro monolítico. Quando aplicada uma tensão de corte, as folhas de vidro podem não trabalham em simultâneo devido ao PVB e, por isso, a sua resistência é considerada inferior.

Segundo Marinho, na Tabela 3, a EN 356 classifica o vidro quanto à resistência inerente em caso de infração. Para garantir esta classificação, realizam-se ensaios em laboratório. É utilizado uma esfera de aço com um diâmetro de 100mm e uma massa de 4,11kg para simular uma ferramenta de intrusão. Este objeto cai livremente de alturas sucessivamente maiores e é repetido o teste 3 vezes para confirmação dos resultados. Para o vidro obter uma determinada classificação, este não pode ser partido pela esfera. São medidos os impactos por ensaio em Joules.

Tabela 3 - Classificação anti-infração do vidro relativamente à norma EN 356 com testes em laboratório

Lower level P1A -P5A

This is a hard body drop test using a 4.11kg steel sphere (100mm diameter) to represent a blunt instrument such as a hammer attack. To pass the test the ball must not penetrate the glass.

The list below shows the glass we can supply

BS EN 356	Drop Height (mm)	No of Strikes	Impact energy Per Stroke (J)	Glass Thickness (mm)	Weight per m2 (kg)
P1A	1500	3	62	6.8	16
P2A	3000	3	123	8.8	19
P3A	6000	3	247	9.1	21
P4A	9000	3	370	9.5	21
P5A	9000	9	370	10.3	21

A Figura 11 faz uma comparação direta com a classificação obtida pela norma referida anteriormente com outras normas, que representam outros testes inclusive a resistência às ferramentas que podem ser utilizadas para as infrações. A classificação da primeira coluna, RC, é relativa à caixilharia e a classificação da seguinte coluna é relativa ao vidro. Também são apresentados os tempos de contacto e as respetivas ferramentas utilizadas.

Class (EN 1627)	Glazing Class (EN 356) Minimum requirement	Burglar	Static tests (EN 1628)	Dynamic tests (EN 1629)	MANUAL TESTS - ATTEMPTED FORCED ENTRY (EN 1630)			
					Tools set	Illustration of some tools	Contact duration	Total test duration
RC1	/	Occasional	300 kg	50 kg 450 mm	Small simple tools, physical force		/	/
RC2	P4A	Occasional	300 kg	50 kg 450 mm	Above + simple tools (screwdriver, pliers, wood/plastic wedges, saws)		3 min	15 min
RC3	P5A	Moderate	600 kg	50 kg 750 mm	Above + additional screwdrivers, crowbar, small hammer, teau, perceuse à main, hand drill, drift pin		5 min	20 min
RC4	P6B	Experienced	1000 kg	/	Above + heavy hammer, axe, wood chisel, metal chisel, bolt-cutter, hand chisel and portable drill		10 min	30 min
RC5	*P7B	Experienced	1500 kg	/	Above + electric tools (drill, portable jigsaw, sabre saw, angle grinder)		15 min	40 min
RC6	*P8B	Experienced	1500 kg	/	Above + sledgehammer, steel wedge, powerful electric tools (grinder, impact hammer)		20 min	50 min

Figura 11 - Classificação anti-infração da caixilharia e vidro segundo a norma EN 1630 e EN 356

Os fornecedores de vidro e de alumínio necessitam de estar certificados para poderem garantir estas normas.

VIDRO ISOLANTE

O vidro que é mais requisitado atualmente na construção civil é o vidro isolante por garantir melhores propriedades isolantes termicamente. Devido à procura pela melhor eficiência energética dos edifícios, este vidro é considerado o mais adequado. Pode ser composto por vidros duplos ou triplos.

A sua eficiência deve-se principalmente à caixa de gás ou vácuo que acrescenta uma resistência térmica muito superior à do vidro, por o gás ou o vácuo ser um baixo condutor térmico. O gás escolhido pode ser ar, argón, kriptón ou na inexistência destes, vácuo. Esta caixa de ar é selada hermeticamente nas bordas. Normalmente, utiliza-se ar ou Árgon com concentração de 90% por serem os mais economicamente viáveis e não baixarem muito o isolamento térmico. A Figura 12 mostra um corte esquemático de um vidro isolante duplo.

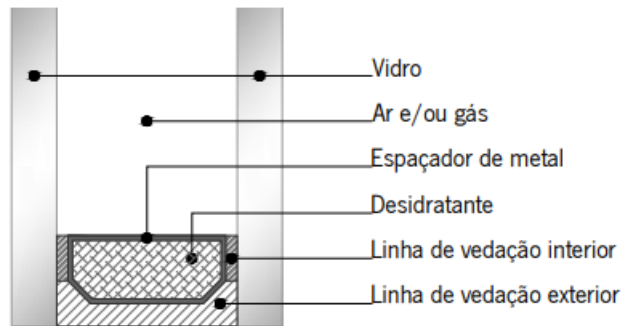


Figura 12 - Corte de um vidro duplo (Bogas, 2011)

Existe um espaçador de metal, normalmente de alumínio, para conferir alguma rigidez ao sistema visto que as vedações são maleáveis. Há dois vedantes para limitar a infiltração de humidade e vapor de água e ainda um desidratante para absorver humidade que se possa infiltrar por difusão. Quando o gás escolhido é ar, esta pode ser ventilada para evitar ainda mais o aparecimento de humidade, visto que ventilação promove a evaporação da água.

Os vidros seguem uma designação que é determinada pela espessura do vidro, do PVB e da caixa de ar. O PVB é definido pelo número de películas que são utilizadas, sendo que cada uma tem uma espessura de 0.38mm. Por exemplo, um vidro laminado com 4mm de espessura por cada vidro monolítico e duas camadas de PVB é designado por um 44.2, já um vidro duplo com 6mm de espessura para cada vidro e uma caixa de gás de 16mm de espessura é definido como 6+16+6 ou 6-16-6. Também podem ser conjugados vidros laminados para formar vidros duplos e triplos, um exemplo seria um 66.2+16+44.2 para um vidro duplo. (Bogas, 2011; Lang, 2014; Mendonça,2005; Marinho, 2012)

A Figura 13 , resume as conjugações e designações possíveis de realizar para se obter os mais diversos vidros. Não estão referidos os tratamentos térmicos, químicos ou aplicação de capas ou escuramentos no vidro.

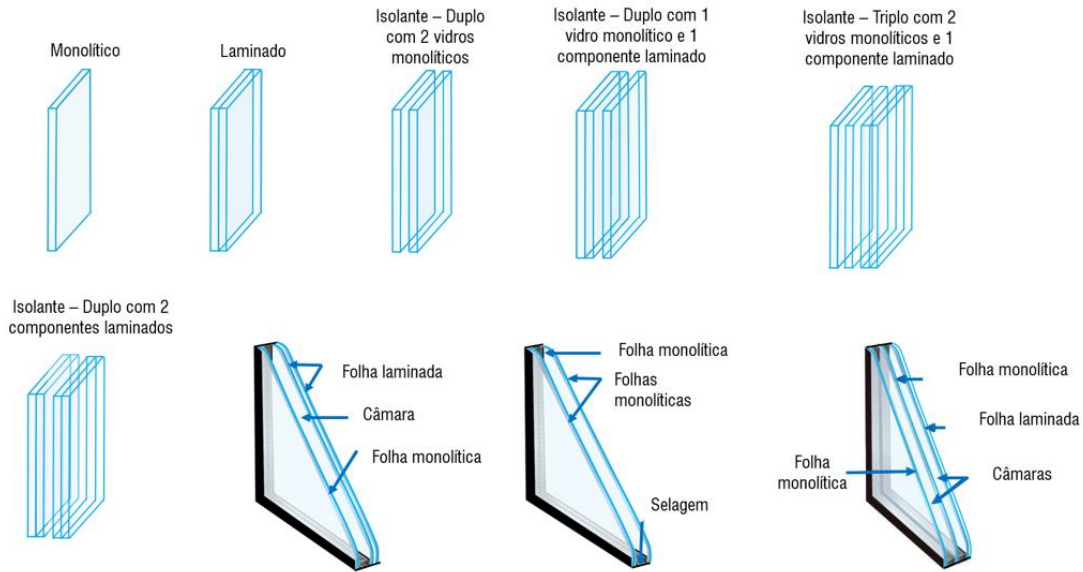


Figura 13 - Designações e conjugações de diferentes vidros

2.2.4 Sistemas de Fachadas

FACHADA VEC

A fachada de Vidro Exterior Colado ou VEC, refere-se a um tipo de fachada em que o vidro é fixo através de silicone ou resina estrutural aos perfis metálicos estruturais, denominados de montantes e travessas que estão ancorados ao edifício. Estes perfis normalmente são de alumínio ou aço e encontram-se ocultos pela colagem e pelas juntas de vedação não sendo visíveis pelo exterior. É necessária uma certificação por parte dos fornecedores e especial atenção à colagem do vidro visto que neste sistema o vidro não é só um preenchimento da fachada, mas também assume um papel estrutural. Estas fachadas são também referidas como SG ou Structural Glazing (Vidro Estrutural). Desta forma, os vidros são colados em fábrica certificadas, num ambiente controlado e, posteriormente, enviados para obra. Um correto fabrico, transporte, aplicação e manutenção durante a sua vida útil é essencial para a sua longevidade. A Figura 14 e Figura 15 mostram um exemplo de uma fachada VEC com perfis estruturais em alumínio.

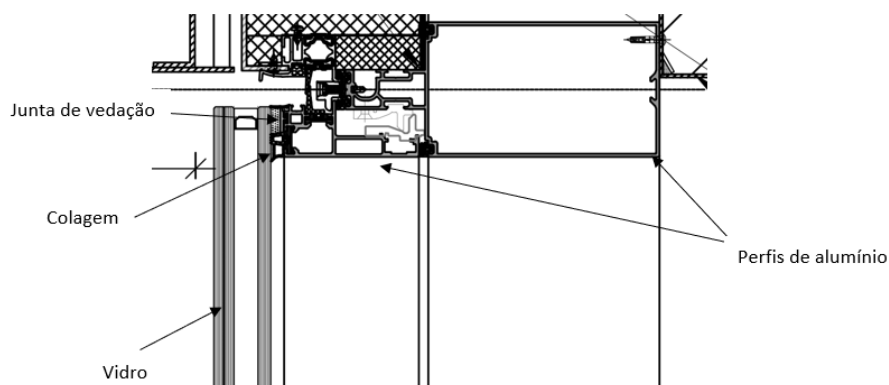


Figura 14 - Corte vertical de uma fachada VEC

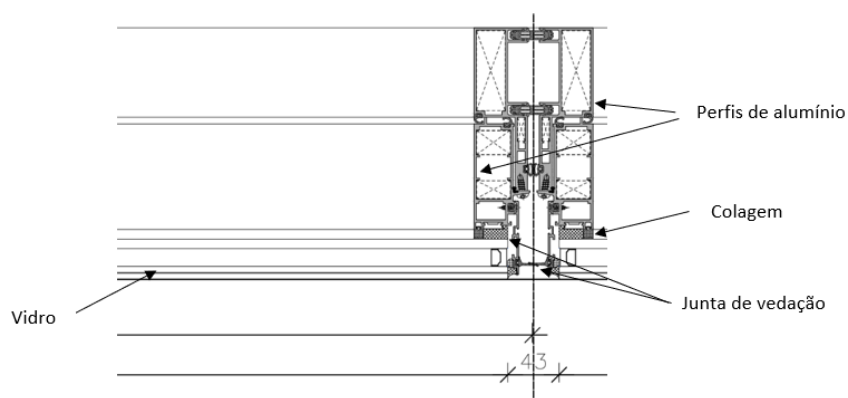


Figura 15 - Corte horizontal de uma fachada VEC

Esta solução construtiva oferece um aspeto simples e uniforme ao edifício, pois apenas é possível ver o vidro e as juntas, a banda negra entre os vidros, como mostrado na Figura 16. (Bogas, 2011; Figueiredo, 2018; Costa, 2018)



Figura 16 - Aspeto visual de uma fachada VEC

FACHADA VEP

A fachada de Vidro Exterior Preso (VEP), é muito semelhante à fachada VEC com a particularidade que esta tem um perfil de alumínio que “abraça” a parte exterior do vidro oferecendo um perfil de apoio ao vidro. Quando comparada com a fachada VEC, esta fachada pode suportar cargas superiores e, por isso, a utilização de vidros de maior dimensão é possível. Observando a Figura 17 e Figura 18, é possível identificar facilmente os perfis de alumínio na periferia do vidro que o suportam conferindo uma estética diferenciada a esta fachada, comparando com a fachada VEC.

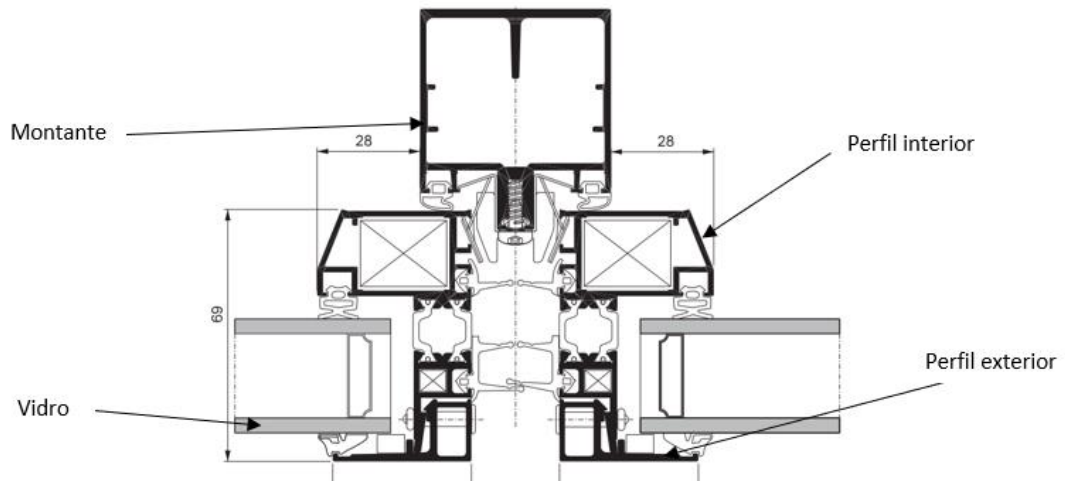


Figura 17 - Corte horizontal de uma fachada VEP



Figura 18 - Fachada VEP

FACHADA VEA

O Vidro Exterior Agrafado (VEA) é um tipo de fachada composta por vidro e por sistemas de fixação que podem ser mais ou menos complexos. A Figura 19, mostra uma estrutura portante metálica, normalmente, em aço inox e fixações que transmitem os esforços à estrutura, simultaneamente, absorvendo-os e atenuando-os. Estas fixações podem ser feitas por grampos, aranhas ou rótulas, que permitem diferentes formas de transmissão de esforços.

- 1 - Vidro
- 2 - Rótula
- 3 - Aranha
- 4 - Parafuso conector
- 5 - Base de suporte
- 6 - Estrutura de Suporte



Figura 19 - Componentes de uma fachada VEA

(Costa, 2018)

Por vezes, também se utilizam cabos pré-tensionados que possibilitam uma estrutura flexível do conjunto. Num sistema flexível, as cargas são distribuídas pela estrutura portante e pelos cabos enquanto num sistema rígido, as cargas impostas serão transmitidas à estrutura.

Utilizando estas fixações torna-se necessário realizar furos no vidro, apesar de não enfraquecerem o vidro, criam uma concentração de tensões nestes pontos, como mostrado na Figura 20. Assim, o vidro tem de ser dimensionado para estes pontos críticos. (Bogas, 2011; Costa, 2018)

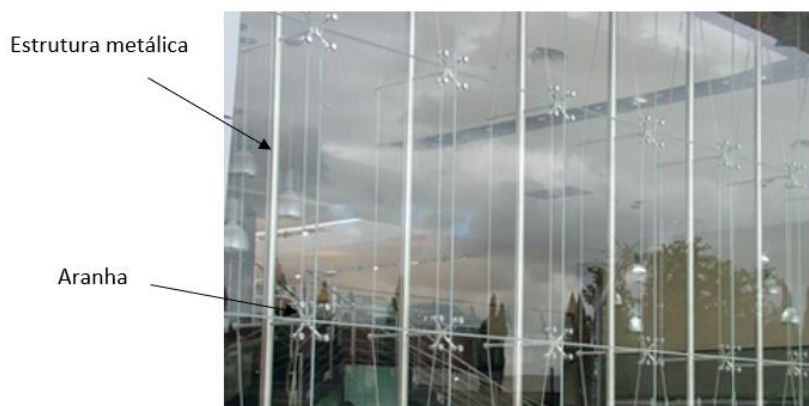
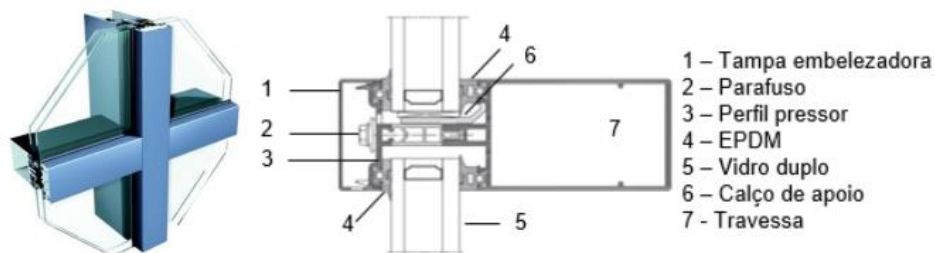


Figura 20- Fachada VEA

FACHADA CAPEADA

A fachada clássica ou fachada capeada difere das restantes apresentada porque o vidro é preso e fixo mecanicamente por um perfil de aperto contínuo (subcapa) e por parafusos de fixação a elementos estruturais da fachada. Entre o vidro e o perfil de aperto existem polímeros, normalmente, EPDM para evitar o contacto entre o vidro e o metal para uma melhor distribuição das tensões. No exterior há uma capa para esconder este sistema de fixação, esta peça tem uma função puramente estética e é fixa à subcapa por encaixe (clipagem). A Figura 21, mostra um esquema de uma fachada capeada, onde é perceptível que os perfis horizontais e verticais das capas serão visíveis pelo exterior.

Normalmente, o escoamento das águas é feito pelas travessas que possuem rasgos e escoam a água para os montantes, onde daí podem descer livremente. Alternativamente, este escoamento pode ser conduzido pelos montantes e depois para as travessas, este método faz com que o escoamento seja feito por piso, em vez de ser a toda a altura do edifício. Na figura apresentada, é possível conferir que o escoamento é feito pelos montantes, pois estes não são interrompidos pelas travessas. (Costa, 2018; Figueiredo, 2018).



*Figura 21 - Fachada clássica
(Costa, 2018)*

FACHADA VENTILADA

A fachada ventilada é caracterizada por ter um material isolante e revestimento exterior às paredes do edifício formando um vazio e permitindo a ventilação da fachada.

O revestimento pode ser feito por diversos materiais desde painéis de alumínio compósitos, painéis sandwich (painéis compostos por chapas de alumínio e o núcleo isolante), cerâmicos, pedra natural e betão polímero. Quanto à sua fixação, estas podem ser visíveis ou ocultas.

Este tipo de fachadas é mais eficiente em termos energéticos, devido ao efeito de chaminé e por permitir uma proteção solar. Entre a parede exterior do edifício e o revestimento de painéis, o ar está sujeito a trocas de calor por convecção. O ar aquecendo fica menos denso e por isso cria uma corrente

de convecção natural, surgindo o efeito de chaminé. Este fenómeno também promove a remoção do vapor de água.

Ainda assim, é necessário ter atenção às pressões do vento que podem alterar os fluxos de convecção do ar. Para tal, os projetistas devem prever uma espessura da câmara de ar mínima de 30 mm e uma espessura máxima de 150mm. (Dutra, 2010)

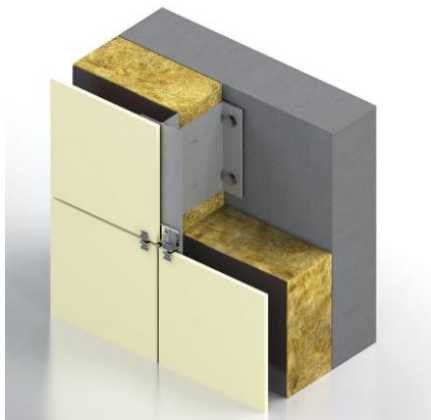


Figura 22 - Fachada ventilada com fixações visíveis

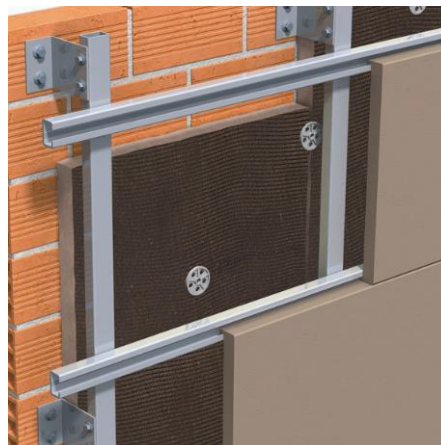


Figura 23 - Fachada ventilada com fixações ocultas

Como se pode ver na Figura 22 e Figura 23, nas fixações visíveis, os painéis são fixos pontualmente, enquanto nas fixações ocultas elas são presas continuamente num sistema de correr oculto.

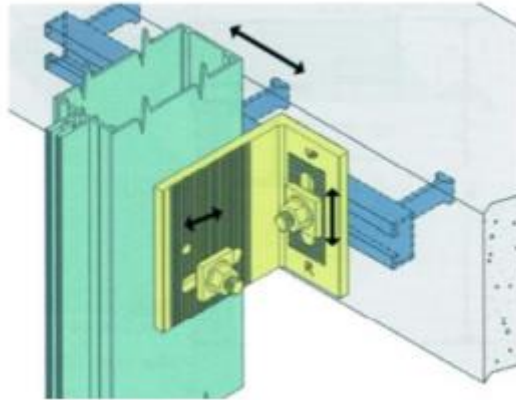
2.2.5 Sistema construtivo das fachadas

Os sistemas construtivos de fachadas mais comuns podem dividir-se em dois grupos que apresentam as suas vantagens e desvantagens. Existe a construção por montante-travessa, que normalmente está associada à fachada capeada e a fachada modular associada aos sistemas VEC, VEP (Costa, 2018). As fachadas VEA e ventiladas possuem um método construtivo diferenciado e não se adequam a estes métodos. Considerando as variações, complexidade e pontos de singularidade que as fachadas possuem, um estudo adequado para se prever o método que é mais benéfico tecnicamente e monetariamente é imprescindível.

CONSTRUÇÃO MONTANTE-TRAVERSA

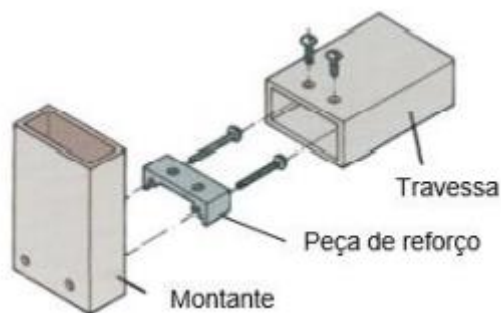
Esta solução construtiva prevê primeiro a instalação das peças de fixação à estrutura principal do edifício, às lajes de betão. Neste sistema, os montantes são os elementos que suportam as cargas principais, o peso próprio da fachada e as cargas provenientes dos agentes climatéricos. As peças de

amarração possuem furos ovais e um sistema de correr que pode ser travado e, por isso, permite o ajuste da posição e alinhamento dos montantes. A Figura 24, exemplifica um possível sistema de fixação dos montantes. A azul e amarelo estão identificadas as ancoragens e fixações e a verde o montante. O montante possui furos para se efetuar a fixação por aparafusamento. O sistema permite um ajuste em todas os eixos possíveis, como se pode verificar.



*Figura 24 - Peças de amarração na fachada montante-travessa
(Costa, 2018)*

Posteriormente, são inseridas as travessas. Na Figura 25, está exemplificado um exemplo da união destes elementos ao montante. Primeiro fixa-se a peça de reforço ao montante e, de seguida, a travessa à peça de reforço. Tanto a ligação entre os montantes e a ligação entre os montantes e travessas podem compreender peças de reforço de forma a acrescentar rigidez e inércia ao sistema, aumentando a capacidade de carga da fachada.



*Figura 25 - União entre os montantes e travessas com peça de reforço
(Costa, 2018)*

Com os elementos estruturais instalados, pode-se passar à fixação do vidro. Como referido anteriormente, o vidro é fixo pelos perfis de aperto e parafusos de fixação e posterior aplicação das capas.

Para este método, é apenas necessário efetuar o corte dos perfis de alumínio de acordo com as dimensões necessárias e a maquinagem dos furos em fábrica. A montagem da fachada é efetuada em

obra o que permite o transporte dos materiais por elementos menores e não por conjuntos ou módulo. Isto implica custos de transportes mais baixos, porque são necessários menos meios. No entanto, toda a logística necessita de especial atenção para facilitar e agilizar a montagem em obra. A qualidade da execução pode ser afetada por não se montar a fachada em fábrica, visto ser um ambiente mais controlado e regrado. (Costa, 2018)

CONSTRUÇÃO MODULAR

Neste sistema, a ancoragem ao edifício é igual à construção montante-travessa, ou seja, as peças de amarração são idênticas e instaladas da mesma forma. Porém utilizam-se módulos que são pré-fabricados e montados em fábrica e podem compreender diversos materiais como os perfis estruturais metálicos, vidro, painéis compósitos, chapas metálicas, entre outros. A Figura 26, exemplifica módulos utilizados neste tipo de construção.



Figura 26 - Construção modular

Os módulos são colocados por penetração entre eles. A parte superior dos montantes são os machos e a parte inferior as fêmeas o que permite a montagem destes em altura como se mostra na Figura 27. Existem também encaixes laterais para a fixação entre os módulos. Neste método de construção, geralmente, os módulos possuem a altura completa de um piso. Nas fachadas modulares, estas são instaladas em altura, enquanto as montante-travessa são instaladas em largura.

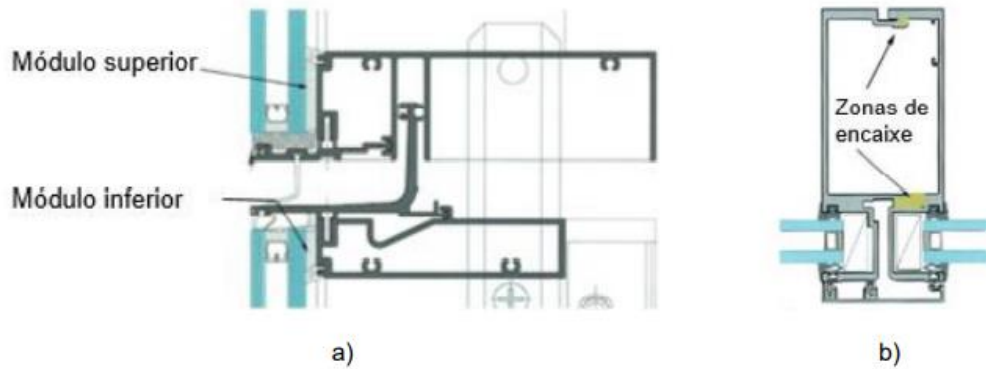


Figura 27 - Fixação entre os módulos a) verticalmente b) horizontalmente
(Costa, 2018)

As fachadas modulares são utilizadas quando a estereotomia da fachada é repetitiva e pode ser dividida numa grande quantidade de módulos. O fabrico e montagem dos módulos em fábrica permite uma qualidade superior e um custo menor, pois a mão-de-obra é mais barata. Não é necessário prever seguros tão caros, alojamento, alimentação, entre outros. A mão-de-obra necessária em obra é reduzida, contudo são necessário equipamentos, maquinaria e meios de elevação mais caros para a sua instalação. Efetuando um correto estudo que comprove ser benéfico a utilização deste tipo de construção, os custos extras imputáveis aos equipamentos especiais podem ser mitigados. No entanto, os custos de transportes serão sempre mais elevados do que na fachada montante-travessa devido às dimensões dos elementos a transportar. Pode ser necessário recorrer a transportes especiais e será sempre necessário um maior número de veículos. (Costa, 2018)

2.3 Caixilharia

A caixilharia é um elemento construtivo diferenciado porque é utilizado para preencher um vão. Por vão entende-se um espaço vazio na construção do edifício, pode ser numa parede ou numa fachada. Para preencher este vazio, pode-se utilizar portas, janelas ou elementos fixos. A terminologia utilizada para identificar os diversos elementos da caixilharia está definida na norma portuguesa NP 12519. Os elementos comuns aos caixilhos são:

- Os aros que representam o perfil exterior e são sempre aplicados quando se preenche um vão numa parede. No caso das fachadas não são necessários apenas quando se utiliza aberturas;
- As folhas que são móveis e dependendo do sistema utilizado apresentam um perfil diferenciado conforme o sistema;
- O preenchimento das folhas que pode ser vidro, chapa ou outro material;

- Os bites que são utilizados quando o preenchimento é vidro e servem para fixar o mesmo na sua periferia e pelo interior do edifício. Estes clipam no perfil das folhas e bloqueiam o vidro;
- As ferragens onde estão incluídas as dobradiças, puxadores e acessórios que servem para cumprir as funções da abertura, para motivos de segurança ou estéticos;
- Os vedantes servem para garantir estanquidade ao sistema formando uma barreira entre este e as folhas, os bites e o vidro. Também evitam o contacto entre a caixilharia e o vidro o que poderia fazer o vidro partir com vibrações.

Na Figura 28, podem-se identificar estes elementos.

Os materiais utilizados nos perfis de caixilharia são variados e podem ser de alumínio, aço, madeira ou PVC ou ainda uma combinação de vários.

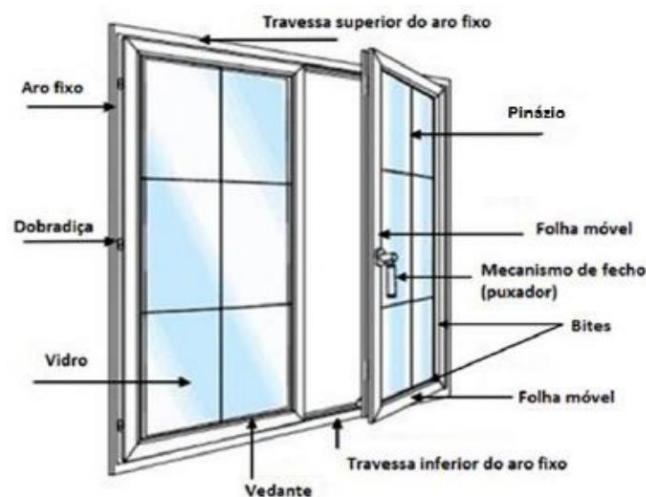


Figura 28 - Elementos de uma janela
(Resende, 2020)

2.3.1 Tipos de caixilharia

FIXO

O sistema de caixilharia fixa não prevê nenhum movimento e é apenas utilizado para iluminação ou estética.

BATENTE

A caixilharia de batente prevê uma ou mais folhas móveis que podem abrir para o exterior (à inglesa) ou para o interior (à francesa). As folhas são abertas pelo mecanismo de abertura/fecho e giram em torno de um eixo vertical na lateral dos aros utilizando dobradiças, como se vê na Figura 29.

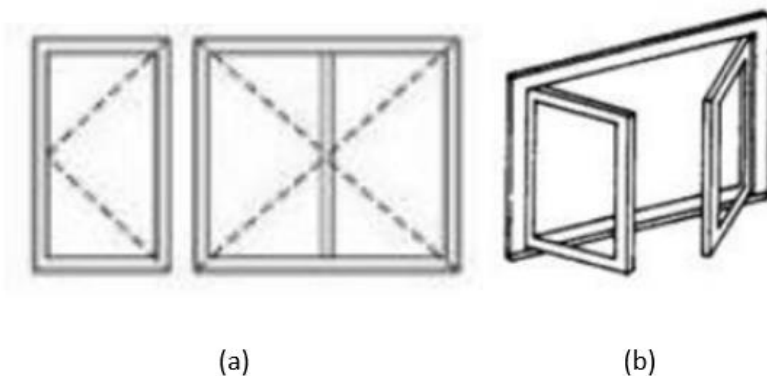


Figura 29 – a) Representação esquemática de uma janela de batente à inglesa b) Janela de batente de duas folhas (Adaptado Resende, 2020)

BASCULANTE E PROJETANTE

Este sistema é muito idêntico ao anterior, mas o seu eixo de rotação é horizontal na parte superior ou inferior do aro. Quando a folha é basculante esta abre para dentro do edifício, quando é projetante esta abre para o exterior, como mostrado na Figura 30.



Figura 30 - Janela (a) basculante (b) projetante

OSCILO-BATENTE

Este tipo de caixilharia combina os sistemas apresentados anteriormente. Sendo assim, uma janela oscilo-batente tem um sentido de rotação segundo um eixo vertical e também num eixo horizontal, representados na Figura 31. Isto permite que haja uma abertura de batente ou basculante/projetante. Girando o puxador, é possível seleccionar a opção de abertura ou fecho.



Figura 31 - (a) Representação esquemática de janelas oscilo-batente de 2 folhas (b) representação das aberturas

PIVOTANTE

Os sistemas pivotantes são definidos por poderem ser verticais ou horizontais. O que determina a orientação do sistema é a direção de rotação da folha. Este eixo necessita de estar definido no centro do vão no caso da janela possuir uma folha, visível na Figura 32

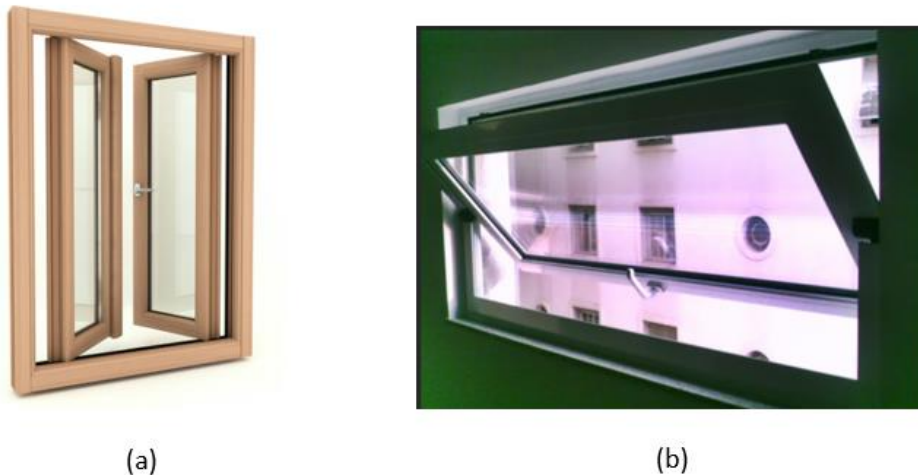


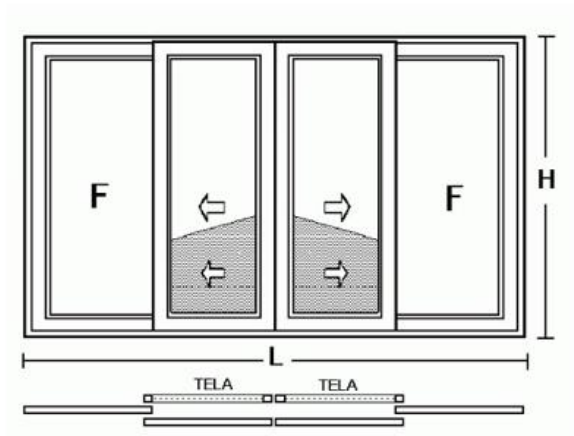
Figura 32 - Janela pivotante (a) vertical de duas folhas (b) horizontal de uma folha

SISTEMA DE CORRER

Este sistema é diferenciado dos outros por vários motivos, não possui dobradiças ou eixos de rotação e são necessários carris para as janelas deslizarem. Neste caso, as folhas realizam movimentos de translação horizontais. Para tal, necessitam de aros diferenciados que possuem um sistema de carris para guiar as folhas. Podem-se aplicar umas pequenas rodas entre os aros e folhas para facilitar o seu manuseamento. Este sistema pode ser embutido numa parede, sendo que as folhas quando abrem entram no interior da parede ficando ocultas, Figura 33a.



(a)



(b)

Figura 33 - Porta de correr (a) embutida na parede (b) de 2 folhas fixas e 2 folhas móveis

GUILHOTINA

Este sistema tem um movimento idêntico ao do sistema de correr, mas neste caso é feito na vertical. As folhas são travadas usando uma ferragem chamada borboleta em cada lateral do aro, Figura 34. Esta ferragem é introduzida entre as folhas e abrindo ou fechando as “asas”, é possível fixar as mesmas.



(a)



(b)

Figura 34 - (a) Janela guilhotina (b) Ferragem borboleta

HARMÓNICO

Esta solução prevê que quando as folhas sofrem um movimento de translação, estas começam a dobrar sobre elas próprias. Isto é possível, pois na união entre as folhas, não existe uma ferragem que as fixe aos aros, tornando-as livres de se movimentarem, exemplificado na Figura 35.

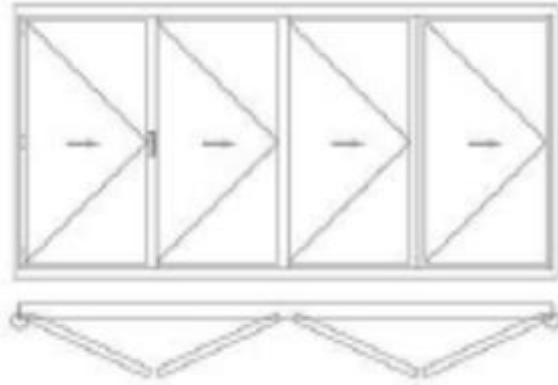


Figura 35 - Janela harmónica com vista principal e corte horizontal

CORREDORA-ELEVADORA

Este tipo de caixilharia é pouco comum devido à sua complexidade e pouca fiabilidade. Neste caso, a janela ou porta necessita de efetuar 2 movimentos para abrir. Primeiro efetua um movimento de subida e depois de correr, o que implica a utilização de ferragens e acessórios bastante específicos, bem como os perfis de caixilharia, como mostrado na Figura 36.



*Figura 36 - Janela corredora-elevadora
(Resende, 2020)*

VITRÔ

Esta solução construtiva é idêntica ao princípio de funcionamento das janelas pivotantes horizontais. Neste caso, há apenas um aro onde se inserem várias lâminas de vidro que giram sob si próprias no movimento de abertura e de fecho, visível na Figura 37.



(a)



(b)

Figura 37 - Caixilharia (a) vitrô (b) vitrô esquemática

3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

3.1 Introdução

O tema desta dissertação surge por não haver uma ferramenta de cálculo dos custos da mão-de-obra em fábrica e em obra comum dentro do departamento comercial para a realização de uma obra. Devido a esta ambiguidade, é recorrente a necessidade de reuniões para esclarecimentos e atualizações dos tempos de produção em fábrica e instalação em obra para uma correta previsão dos custos associados aos mesmos. O foco será nos custos imputáveis à fábrica por ser a área de formação de conclusão desta dissertação.

Torna-se necessário conciliar os interesses dos vários departamentos envolvidos na concepção da obra, sumará-los e manuseá-los, de forma que estejam considerados no cálculo dos custos. Através de uma ferramenta automatizada e dinâmica de acordo com as necessidades da obra, há uma estimativa mais exata e rigorosa dos custos de mão-de-obra direta dentro do departamento comercial.

O *software* explorado será o *Microsoft Excel*, por não necessitar de licenças, ser de fácil utilização e ser um dos principais meios de comunicação dentro da empresa. Para o efeito, esta ferramenta terá o nome de “Matriz de tempos”.

Carregando o ficheiro na rede da empresa, qualquer orçamentista pode efetuar atualizações e melhorias de modo a tornar a ferramenta mais exata e eficiente. Deste modo, o departamento possui uma previsão de custos comum e uniforme.

3.2 Justificação dos tempos estipulados

Atualmente, por a empresa ter um portefólio de obras de grande variedade, complexidade e por ser relativamente recente, é muito raro haver tempos de fabrico em comum para diferentes projetos. Procura-se sempre a maior exatidão a estimar os tempos e respetivos custos de fabrico e instalação. No entanto, pode acontecer destes não serem suficientes e gastar-se mais recursos do que o estipulado na fase de orçamentação, perdendo dinheiro. Pode também acontecer de se realizar uma estimativa exagerada contribuindo para uma inflação do preço final, perdendo-se a realização da obra.

A “Matriz de tempos” prevê a introdução do tempo de fabrico das máquinas, do tempo de fabrico de montagem pelos operários e do tempo instalação em obra. Existe esta distinção, pois as tarifas euro por hora são diferentes para cada um destes.

Para a utilização das maquinarias da empresa, está-se a considerar os gastos diretos, como eletricidade, lubrificantes, ar comprimido, ferramentas de corte, entre outros.

Para a mão-de-obra em fábrica e em obra consideram-se tarifas diferentes. Em obra o valor é superior por ser necessário prever custos de alojamento, alimentação, deslocações e seguros mais caros.

É importante perceber que a fábrica trabalha sobretudo com alumínio e este chega na forma de barras ou chapas. Para a transformação desta matéria-prima, os custos estipulados são os mais rigorosos, visto que os tempos efetivos de corte são precisos e exatos. Apenas podem variar com a manutenção da máquina.

As restantes máquinas de corte, apesar de necessitarem de efetuar mais ou menos operações para um determinado componente, podem ter os seus tempos estimados de forma válida. Os tempos de manuseamento dos materiais entre as etapas de fabrico estão considerados nas respetivas fases.

Exemplificando este raciocínio, quando são utilizadas máquinas de corte de duas cabeças que efetuam dois cortes de 45° para cada barra de perfil de caixilharia, de forma, a criar os cortes em esquadria que permitem a posterior montagem dos aros e folhas. Nestas operações os tipos ou tamanhos dos sistemas não influenciam muito o tempo de corte, porque não dificultam a transformação dos perfis. Diferentes tamanhos de barras, podem facilitar ou dificultar o manuseamento destes, mas não a operação de corte em si. É justificável assumir os mesmos tempos para diferentes tamanhos e tipos de sistemas de caixilharia para as restantes máquinas de corte. Portanto, a introdução destes tempos na matriz são os que possuem um menor erro.

A fábrica possui os mais diversos equipamentos de corte para a realização de todas as operações que possam ser necessárias. Desde centros de maquinagem, a máquinas de corte de 2 cabeças, fresadoras, entre outros.

Os tempos de montagem em fábrica por parte dos operadores são representados pelo transporte e manuseamento, montagem em máquinas ou manualmente em centros de trabalho e pelo embalamento dos materiais. Nesta fase utiliza-se uma grande variedade de materiais e processos, sendo que quantificar os tempos para estes torna-se mais complexo.

Na montagem dos componentes, a duração dos processos é determinada essencialmente pelo diretor de produção da fábrica devido à sua experiência e análise das soluções a utilizar. Estas estimativas de tempos, são menos rigorosas do que os de fabrico, por dependerem mais da capacidade dos trabalhadores e não de máquinas que são mais exatas.

A duração da instalação dos componentes em obra é determinado pelo departamento de direção de obra, que igualmente os prevê de acordo com a experiência do responsável. Há muitas variáveis a considerar em obra o que torna este processo muito difícil de estimar. As condições climáticas, a

experiência das equipas de montagem e os equipamentos utilizados são apenas alguns fatores que influenciam estes tempos. A incerteza é a maior nesta fase.

Para estes custos, apesar de os perfis de caixilharia ou fachada possuírem dimensões variadas, estipula-se um tempo para as que requerem maior tempo de fabrico, manuseamento e instalação, salvaguardando-as.

3.3 Elaboração da Matriz de tempos

Inicialmente, considerou-se duas abordagens na criação da “Matriz de tempos” (de salientar que os exemplos seguintes são apenas demonstrativos e podem ser editáveis). Numa delas era clara a distinção entre os sistemas construtivos utilizados dividindo-os por fachadas de construção modular e capeada (montante-travessa), caixilharia e restantes revestimentos que poderiam ser utilizados, como painéis compósito e painéis *sandwich*. O aspeto da tabela está apresentado na Figura 38.

Para cada grupo construtivo, estão identificados os sub-artigos ou elementos construtivos que os compõem, com a distinção dos tempos de fabrico das máquinas, da montagem e instalação em obra. Os tempos estão estimados para cada homem em fábrica e equipa de quatro homens em obra, ou seja, cada tempo pode ser diminuído, aumentando a força de trabalho. A taxa €/h para cada tempo também é representativa.

€/h		Fachada Modular							Fachada capeada			
		Módulo	Travessas	Aro	Folha Porta	Folha Janela	Vidro	VEC	Montantes	Travessas	Capas	Vidro
5	Fabrico Máquina	3	3	3	3	2			3	2	2	3
10	Fabrico Montagem	3	1	1	1	1	1		2	2	2	1
15	Inst. Obra	1	1	0,5	0,5	0,5		0,5	2	1	1	2
		7		4,5	4,5	3,5	1	0,5	7	5	5	6

Caixilharia					Chapas		Compósito	Painel Sandwich	
Aros	Folha Porta	Folha Janela	Vidro	VEC	Remates	Preenchimento	Painel	Painel	Fixação
1,5	3	2			1	1	5		
1	1	1			2	2	2		1
1	1	1	1,5	1	1	1	2	0,5	
3,5	5	4	1,5	1	4	4	9	0,5	1

Figura 38 - Divisão dos grupos de fachadas na matriz de tempos

Alternativamente, criou-se uma lista de sub-artigos para ser possível compor as soluções construtivas da obra. Tendo os elementos base para se realizar o projeto, pode-se conjugar os mesmos para a construção de todas as soluções possíveis.

Comparando os dois métodos, os benefícios da segunda opção são evidentes. Tem-se elementos construtivos mais genéricos e versáteis, eliminam-se repetições o que permite ter uma lista mais compacta. Foi ainda possível acrescentar algumas distinções críticas como o tipo de caixilharia utilizada (de batente, de correr, etc.), que podem implicar diferenças nos tempos estimados. A lista não se tornou demasiado extensa e o resultado mostra-se na Figura 39:

€/h		Montantes	Travessas	Capas	Subcapa	Vidro capeado	Vidro VEC	Vão Fixo	F.Batente	F.Basculante	F.Oscilob	F.Correr
5,0	Fabrico Máquina	3	2	2	2	3	0	2	4	4	5	6
10,0	Fabrico Montagem	2	2	2	2	1	1	2	2	1	3	2
15,0	Inst. Obra	2	1	1	1	2	1	2	2	3	1	3
	Tempo total	7	5	5	5	6	2	6	8	8	9	11

F.Pivotante	F.Porta	Travessa	Módulo simples	Módulo duplo	Travessas	Chapas	Painel compósito	Painel sadwich
4	9	2	3	4	3	1	5	4
1	2	1	3	5	1	2	2	2
4	2	1	1	3	1	1	2	2
9	13	4	7	12	5	4	9	8

Figura 39 - Divisão alternativa dos grupos de fachadas na matriz de tempos

Nesta fase, a estética não é preponderante, o funcionamento correto e estruturado da matriz é o procurado. Para a ferramenta poder ser editável e dinâmica conforme a vontade do utilizador, deu-se a esta folha o nome de “Tarifas e tempos”, onde é possível estruturar a matriz conforme o pretendido. É possível alterar a taxa euro por hora para o fabrico das máquinas, para a mão-de-obra de montagem e de instalação em obra, bem como alterar os sub-artigos, a ordem destes e os tempos associados a cada um, ilustrado pela Figura 40

Tarifas	€/h				
Fabrico Máqu	5				
Fabrico Monta	10				
Instalação Ob	15				
		Montantes	Travessas	Capas	Subcapas
Fabric maq		3	2	2	2
Fabric mont		2	2	2	2
Instl obra		2	1	1	1

Figura 40 – Exemplo da folha de “Tarifas e tempos”

Numa outra folha, designada por “Matriz de tempos”, copiou-se a listagem dos elementos construtivos com os respetivos tempos e as tarifas consideradas no topo da folha.

De seguida, montou-se uma tabela de preenchimento conforme as quantidades da obra e divisão dos artigos que a compõem. Após uma reunião com o diretor de produção houve a sugestão de dividir a obra por alçados, por normalmente, ser a ordem e a lógica de produção e instalação. A introdução da divisão da obra por alçados ou por piso é facultativa e é determinada pelo utilizador, se achar que esta é vantajosa. Deste modo, criou-se a seguinte tabela em que há divisão de uma tipologia de uma fachada capeada por alçados.

	€/h		Montantes	Travessas	Capas	Subcapa	Vidro capeado
	5,0	Fabrico Máquina	3	2	2	2	3
	10,0	Fabrico Montagem	2	2	2	2	1
	15,0	Inst. Obra	2	1	1	1	2
		Tempo total	7	5	5	5	6
Designação Fachada	Alçado	Unid.					
Fachada capeada A	N	1	21	40	61	61	20
Fachada capeada A	S	1	15	28	43	43	14
Fachada capeada A	E	1	15	42	57	57	28
Fachada capeada A	O	1	11	22	33	33	11

Figura 41 – Tabela de preenchimento com quantidades dos elementos construtivos

Este é um exemplo de como pode ser feito o preenchimento pelo utilizador, no entanto, é necessário inserir as unidades de cada artigo e as quantidades dos elementos construtivos nas respetivas colunas.

Interpretando o exemplo da Figura 41, percebe-se que no primeiro artigo, há 1 fachada capeada tipo A, existente no alçado norte do edifício que gasta 21 montantes, 40 travessas e, conseqüentemente, o somatório destes para as capas, subcapas (perfil de aperto) e 20 vidros capeados.

Depois da introdução das quantidades na tabela, pode-se olhar para uma tabela de cálculo onde está determinado o tempo e custos para cada artigo da obra, Figura 42

	Tempo Fabr Maq	Tempo Fabr Mont	Tempo Inst obra	Custo Fabr Maq	Custo Fabr Mont	Custo Inst obra	Custo Fabr e Inst
Total	1 452,00	1 247,00	796,00	7 260,00	8 205,00	6 470,00	21 935,00
N	453,00	394,00	249,00	2 265,00	3 940,00	3 735,00	9 940,00
S	316,00	274,00	173,00	1 580,00	1 370,00	865,00	3 815,00
E	441,00	370,00	242,00	2 205,00	1 850,00	1 210,00	5 265,00
O	242,00	209,00	132,00	1 210,00	1 045,00	660,00	2 915,00

Figura 42 - Tabela de cálculo dos tempos e respetivos custos

Na coluna dos tempos de fabrico das máquinas, em cada célula, é feito o somatório da multiplicação das quantidades entre o artigo e sub-artigo com o respetivo tempo de fabrico da maquinaria estipulado inicialmente. A segunda e terceira coluna efetuam o mesmo cálculo, mas para os tempos de fabrico da montagem e de instalação em obra, respetivamente. De seguida, na coluna associada a cada custo, multiplica-se o tempo do artigo pela tarifa euro por hora obtendo o custo para esse artigo. Os cálculos realizados são os seguintes para os tempos exemplificados anteriormente:

Para cada célula da coluna de tempo de fabrico da maquinaria são considerados os tempos e quantidades de cada sub-artigo em função da quantidade do artigo, ou seja, efetua-se um somatório dos tempos da maquinaria de cada elemento construtivo (montante, travessa, porta, janela...):

$$Tempo\ maquinaria = Tempo_{Maq-Montantes} + Tempo_{Maq-Travessas} + Tempo_{Maq-Capas} + Tempo_{Maq-Subcapas} \quad [1]$$

Sendo que, o tempo de cada sub-artigo é definido da seguinte forma:

$$Tempo_{Maq-Montantes} = Unidades\ de\ fachada \times Quantidade\ sub - artigo \times Tempo\ de\ fabrico\ da\ maquinaria \quad [2]$$

$$Tempo_{Maq-Montantes} = 1 \times 21 \times 3 = 63\ h$$

Para se obter o custo de fabrico das máquinas para um dado artigo, é apenas necessário multiplicar a soma dos tempos pela tarifa €/h:

$$Custo\ fabrico\ maquinagem = Tempo\ de\ maquinaria \times Tarifa\ máquinas \quad [3]$$

$$Custo\ fabrico\ maquinagem = 453 \times 5 = 2265,00\ €$$

Aplicando o mesmo raciocínio para os tempos de montagem e de instalação é possível calcular os custos para cada um e, por fim, resta somar os custos para se obter o custo total.

3.4 Otimização da matriz de tempos

Com todas as tabelas de introdução de dados, de cálculo de custos, de análise e interpretação de dados completas, procurou-se formatar a folha de forma a ser mais esteticamente apelativa e compacta, mas mantendo a versatilidade e o fácil manuseamento. Aplicou-se filtros para cada elemento construtivo, para ser possível analisar as quantidades dos mesmos, esta ferramenta pode ser útil no tratamento e processamento dos dados.

A Figura 43 apenas pretende mostrar como está organizada a matriz final, posteriormente será feito uma análise mais detalhada das zonas assinaladas.

Designação Fachada	Alçado	Unid.	Montantes	Travessas	Capas	Subcapa	Vidro capeado	Vidro VEC	Vidro Fixo	Picaro	Aro	E. Batente	E. Porta	Janela simples	Barra antipânico	Capas (m)	Tempo Fabrico Maquinagem [h]	Tempo Fabrico Montagem [h]	Tempo Instalação [h]	Custo Total [€]
fachada capeada A	N	1	21	40	61	61	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	454,00	391,50	250,00	9 935,00
fachada capeada A	S	1	15	28	43	43	14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	322,00	277,50	178,00	7 055,00
fachada capeada A	E	1	15	42	57	57	28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	448,00	375,50	248,00	9 715,00
fachada capeada A	O	1	11	22	33	33	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	299,00	214,50	138,00	5 460,00
Portas Fachada A		34															527,00	340,00	305,00	10 625,00
Janelas Fachada A		30						1		1	1	1	1				120,00	90,00	90,00	2 850,00
fachada modular B		127										1	1	1	1	1	889,00	635,00	381,00	16 510,00
Porta Fachada B		15										1	1	1	1	1	210,00	135,00	105,00	3 975,00
Total																	3 219,00	2 459,00	1 696,00	66 125,00

Figura 43 – Aspeto e organização final da matriz de tempos

A área identificada a azul é a matriz de tempos que é definida na folha de “Tarifas e tempos” é necessário voltar a introduzir esta matriz na folha, mas com um simples copiar e colar a operação está realizada.

A área representada a verde é a única zona editável da folha, mostrado na Figura 44, para introdução das tipologias de fachadas e seus constituintes, segundo o alçado e quantidades destes.

Designação Fachada	Alçado	Unid.	Montantes	Travessas	Capas	Subcapa	Vidro capeado	Vidro VEC	Vão Fixo	Pré-aro	Aro	F.Batente	F.Porta	Janelas	Módulo simples	Barra antipânico	Chapas [m]	
Fachada capeada A	N	1	21	40	61	61	20		1			1					1	
Fachada capeada A	S	1	15	28	43	43	14		1			1					1	
Fachada capeada A	E	1	15	42	57	57	28		1			1					1	
Fachada capeada A	O	1	11	22	33	33	11		1			1					1	
Portas Fachada A		34								1	1		1				1	
Janelas Fachada A		30						1				1						
Fachada modular B		127										1			1			
Porta Fachada B		15											1			1		
Total			62	132	194	194	73	30	4	34	49	161	49	0	0	127	49	4

Figura 44 - Área editável da matriz de tempos

A linha superior preenchida a cinzento realiza o somatório das quantidades de cada elemento construtivo para toda a obra. Analisando em maior detalhe esta funcionalidade, torna-se mais fácil identificar as quantidades de elementos na obra, por exemplo, serão necessários 62 montantes para a sua realização, 132 travessas e assim sucessivamente. Na linha de total no final da tabela, também se podem verificar estas quantidades, mas estas alteram-se com a utilização de filtros, exemplificado na Figura 45.

+			
AF	AG	AH	BP
3 219,00	2 459,00	1 696,00	66 125,00
Tempo Fabrico Maquinagem [h]	Tempo Fabrico Montagem [h]	Tempo Instalação [h]	Custo Total [€]
454,00	391,50	250,00	9 935,00
322,00	277,50	178,00	7 055,00
448,00	375,50	248,00	9 715,00
249,00	214,50	138,00	5 460,00
527,00	340,00	306,00	10 625,00
120,00	90,00	90,00	2 850,00
889,00	635,00	381,00	16 510,00
210,00	135,00	105,00	3 975,00
3 219,00	2 459,00	1 696,00	66 125,00

Figura 45 - Área de cálculo dos tempos na matriz

Na área a vermelho estão calculados os tempos por artigo e tempo de fabrico/instalação, bem como o custo final que representam. Com uma expansão das colunas é possível visualizar os cálculos dos custos para cada artigo da obra.

AF	AG	AH	BM	BN	BO	BP
3 219,00	2 459,00	1 696,00	16 095,00	24 590,00	25 440,00	66 125,00
Tempo Fabrico Maquinagem [h]	Tempo Fabrico Montagem [h]	Tempo Instalação [h]	Custo Fabrico Maquinagem [€]	Custo Fabrico Montagem [€]	Custo Instalação [€]	Custo Total [€]
454,00	391,50	250,00	2 270,00	3 915,00	3 750,00	9 935,00
322,00	277,50	178,00	1 610,00	2 775,00	2 670,00	7 055,00
448,00	375,50	248,00	2 240,00	3 755,00	3 720,00	9 715,00
249,00	214,50	138,00	1 245,00	2 145,00	2 070,00	5 460,00
527,00	340,00	306,00	2 635,00	3 400,00	4 590,00	10 625,00
120,00	90,00	90,00	600,00	900,00	1 350,00	2 850,00
889,00	635,00	381,00	4 445,00	6 350,00	5 715,00	16 510,00
210,00	135,00	105,00	1 050,00	1 350,00	1 575,00	3 975,00
3 219,00	2 459,00	1 696,00	16 095,00	24 590,00	25 440,00	66 125,00

Figura 46 - Visualização das colunas de cálculo na matriz de tempos

Como é possível verificar na Figura 46, há novamente um conjunto de colunas agrupadas e expandindo-as, é possível visualizar os custos dos elementos construtivos por artigo. Com esta divisão dos custos, pode ser feito outro tipo de análise dos valores calculados, o que pode ser útil no processamento, interpretação dos dados e na comunicação com outros departamentos ou com as chefias. A Figura 47, mostra alguns exemplos desta divisão.

	4 030,00	5 940,00	8 730,00	8 730,00	4 015,00
Montantes2	Travessas3	Capas4	Subcapas5	Vidro capeado6	
	1 365,00	1 800,00	2 745,00	2 745,00	1 100,00
	975,00	1 260,00	1 935,00	1 935,00	770,00
	975,00	1 890,00	2 565,00	2 565,00	1 540,00
	715,00	990,00	1 485,00	1 485,00	605,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	4 030,00	5 940,00	8 730,00	8 730,00	4 015,00

Figura 47 – Somatório dos custos de cada elemento construtivo por artigo

4. CASO DE ESTUDO

4.1 Apresentação do caso de estudo

Para efeitos de demonstração da implementação da ferramenta elaborada num caso prático, irá ser feito um estudo e consequente orçamento de uma fachada representativa de um processo que foi pedido orçar à Bysteel FS por parte da empresa DST. Será definido em detalhe os custos para a mão-de-obra direta. Adicionalmente, efetuar-se-á uma decomposição detalhada das tarefas em fábrica necessárias para a transformação da fachada referida.

A obra em questão é uma expansão de um complexo do Novo Banco em Oeiras. Neste processo, foram fornecidos desenhos do edifício que inclui as plantas, alçados, mapas de vãos e os cortes e detalhes da fachada. Para além destes documentos, existe um ficheiro de *Excel*, um mapa de quantidades, com uma breve descrição dos materiais a orçar, da divisão da fachada por sub-artigos e as quantidades dos mesmos. Será nesta folha que o orçamento será enviado para o cliente a pedido do mesmo.

Observando o respetivo ficheiro na Figura 48, é possível identificar o sistema de fachada prescrito. Apesar de estar referido como “caixilharia de alumínio”, trata-se de uma fachada MX 42 SF do fabricante *Technal*. Já para a caixilharia (as janelas) utiliza-se um sistema Soleal FY65 do mesmo fabricante. A composição do vidro está definida e o fabricante é a *Saint-Gobain Glass* com a composição 6+16+55.2 com uma capa Cool-Lite ST 120 na posição 2 do vidro exterior e uma capa SKN 183 na posição 3 no vidro interior. Ainda referem que é necessário um teste HST no vidro exterior, logo este será temperado. O laminado interior será considerado recozido, pois é o tratamento térmico básico e nada é referido em relação ao mesmo. Adicionalmente é necessário prever pré-aros, peças de fixação, ferragens, acabamentos e instalação do conjunto como referido no documento fornecido.

dstgroup		MQ - MAPA DE QUANTIDADES			
OBRA: C2-0118-P25 - Novo Banco Campus - Expansão Norte					
ESPECIALIDADE: Alumínios					
Artº	DESIGNAÇÃO	Un.	QUANT	P/UNITÁRIO (€)	TOTAL (€)
02.29.02.05	<p>Fornecimento e assentamento de vãos exteriores em caixilharia de alumínio da "TECHNAL" Fachada Grelha Standard MX 42 SF e folhas móveis Ref. Soleal FY65, acabamento mate na cor cinza Ral 7042, vidro duplo da "SGG" composto por vidro exterior Securit H.S.T. Cool-Lite ST 120 6mm, câmara de ar de 16mm com argon e vidro interior Stadip Protect Cool-Lite SKN 183 F3 55.2, incluindo aros e pré-aros do sistema, peças e/ou elementos de fixação, ferragens e fechaduras com mestragem, de acordo com mapa de vãos e fornecedor, puxador de muleta do sistema com acabamento lacado à cor do caixilho, bem como todos os restantes acessórios e trabalhos necessários a um bom acabamento/funcionamento.</p> <p>De acordo com indicações do fabricante/fornecedor, mapa de vãos, elementos de projecto e do seguinte tipo:</p>				
02.29.02.05.01	CE.24A (7.90x2.40)m 1 Folha Projectante + 4 Folhas Fixas	un	3,00		- €

Figura 48 - Mapa de quantidades

O próximo passo será verificar os cortes e detalhes das fachadas. Observando a Figura 49, é possível identificar os pré-aros com a legenda C10, as travessas da fachada com a legenda C08, os aros e folhas do sistema de abertura, as chapas identificadas com C06 e C11 e os isolamentos com as legendas C07 e C12. Existem duas legendas para as chapas, pois a de topo têm a cor da fachada, RAL 7042 e as de baixo têm uma cor branca. Os isolamentos também possuem duas legendas, o C07 trata-se de um XPS de 40mm de espessura com uma barreira pára vapor e o C12 uma lâ de rocha com 20mm de espessura também com uma tela pára vapor.

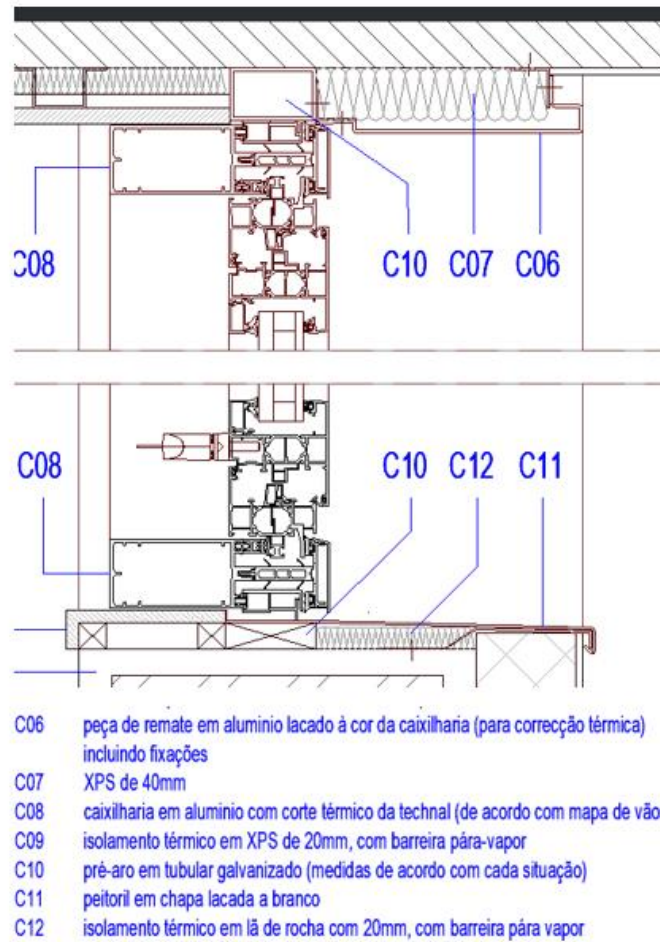


Figura 49 - Corte representativo da fachada e legenda da mesma

4.2 Orçamentação da obra

Relembrando o processo de orçamentação, na Figura 50, referido na revisão bibliográfica, no primeiro passo temos o estudo da obra através da documentação recebida. Como o processo não é muito extenso e os sistemas estão definidos, basta confirmar a viabilidade destes.

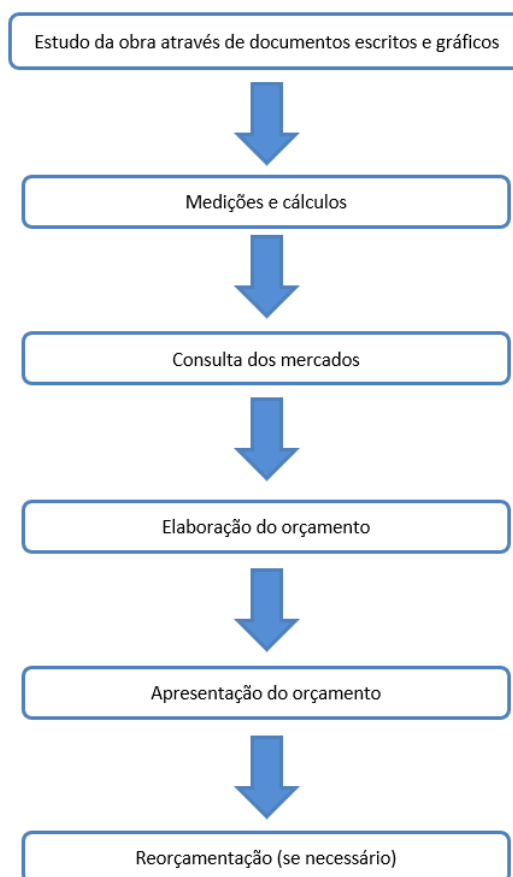


Figura 50 - Processo de orçamentação

Para tal, pode-se recorrer às fichas técnicas do fornecedor para compreender as aplicações das soluções. Este estudo foi realizado e as opções dos sistemas são válidas para as características da obra. Como não foram transmitidos requisitos acústicos, térmicos ou de estanquidade, apenas se verificou a viabilidade dos vidros. As dimensões máximas dos vidros e o peso estão dentro dos limites impostos pelo fabricante para os sistemas de fachadas e caixilharia. Um estudo mais extensivo será feito pelo departamento de projeto, mas uma primeira análise permite esta validação.


Relativamente ao vidro prescrito, é possível fazer uma simulação inicial nos programas disponibilizados pelos fabricantes nos seus *sites*. Neste caso, utilizou-se o *Calumen* que é a aplicação do fornecedor e verificou-se que o vidro estava incorretamente definido. A capa SKN 183 não pode ser aplicada em vidros laminados 55 e estes necessitam de estar temperados. Procedeu-se então à correção deste vidro utilizando um vidro laminado 66.2 temperado no interior.

A próxima etapa será efetuar as medições de todos os materiais que a obra irá gastar. As medições dependem do material em questão, por vezes pode ser necessário medir espessuras, áreas, comprimentos ou outras medidas. É necessário uma compreensão do que será necessário contabilizar para valorizar no orçamento e que medições transmitir aos fornecedores quando se pedir cotações para os materiais.

A fase seguinte será comunicar aos fornecedores os sistemas definidos, as medições efetuadas e informações adicionais que sejam necessárias para obtenção de um preço. Para além dos custos dos materiais transmitidos, há uma validação das soluções utilizadas pelos mesmos.

Neste processo os sistemas de fachada foram validados, apesar da fachada MX 42 SF ser uma variante de um sistema base MX 52 SF. Isto não representa incompatibilidades com o que é pretendido pelo cliente. A diferença entre estes está na espessura máxima de vidro que cada fachada consegue suportar. No sistema MX 42 SF, o tamanho máximo do vidro é de 42 mm enquanto no outro sistema é de 52 mm.

Após a troca de informações com o fornecedor verificou-se que o vidro estava mal definido, a capa SKN 183 não pode ser aplicada na posição pretendida, sendo que a validação inicial estava incorreta. Assim sendo, procedeu-se a requisitar composições alternativas do vidro. Pediu-se mais especificações técnicas ao cliente para uma nova composição do vidro, visto que, não tinham sido fornecidas nenhuma. Foi exigido cumprir um coeficiente de transmissão de calor do vão envidraçado (vidro + fachada/caixilho) $\leq 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ e um fator solar $\leq 0,15$ para o vidro. Esta informação foi comunicada aos fornecedores e estes apresentaram as suas soluções bem como os preços. A composição do vidro alternativo é um vidro HST 6 + 16 Árgon 90% + 55.2 com uma capa ST120 na posição 2 do vidro exterior e uma capa ECLAZ na posição 3 do vidro interior. Para confirmação dos requisitos, os fornecedores dos sistemas de alumínio apresentaram um relatório térmico calculado pelos *softwares* de modelação, que validaram a conjugação do vidro com o sistema pretendido. O valor médio determinado para as fachadas estudadas foi de $1,53 \text{ W/m}^2\text{K}$, apresentado na Figura 51.



Valor Térmico (U)

Coef. Térmico médio:	1.53 W/m²K
Superfície total:	53.7 m²
Vãos considerados no cálculo do coeficiente térmico:	4, 7

Figura 51 - Coeficiente térmico médio das fachadas estudadas

Depois destas validações e com os preços definidos pode-se proceder para a elaboração do orçamento. O departamento possui folhas de cálculo criadas pelos orçamentistas seniores que vão sendo atualizadas e melhoradas conforme se justificarem alterações.

Para o caso de estudo, será considerado uma fachada representativa, visto que o sistema construtivo é o mesmo em toda a obra.

Apesar da informação contida no processo dividir a fachada por vãos, isto está incorreto, se a fachada não for interrompida não há razões para a dividir. Esta divisão apenas fazem sentido quando é utilizada caixilharia para preencher vãos vazios. Assim sendo, considerou-se uma fachada da direita de um piso aleatório, representada na Figura 52. Como as fachadas são iguais em todos os pisos, é indiferente qual a escolhida.



Figura 52 - Vista em alçado da fachada representativa

Observando a planta na Figura 53, é possível confirmar que a fachada não possui interrupções, como mostrado na figura seguinte.

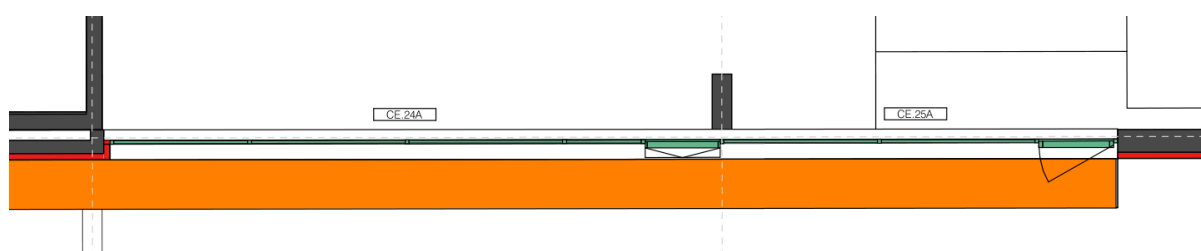


Figura 53 - Vista em planta da fachada representativa

De acordo com a divisão feita pelo cliente na Figura 54, esta fachada corresponde aos vãos CE.24A e CE.25A.

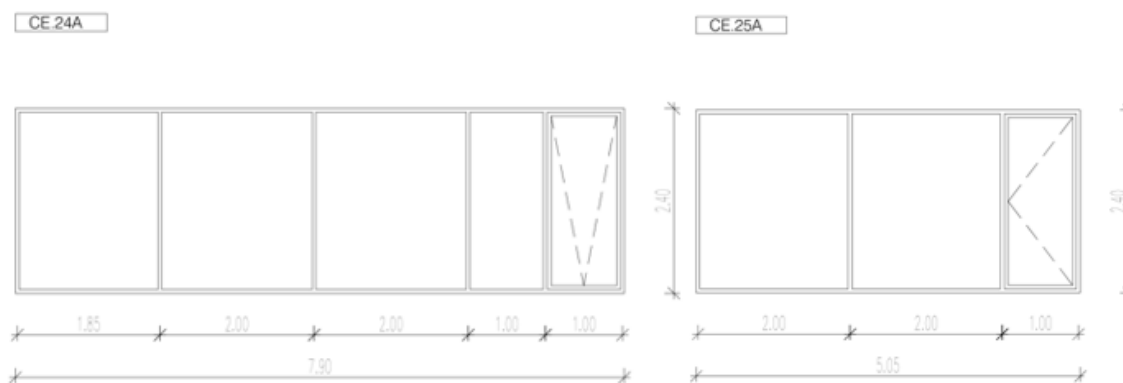


Figura 54 – Vista frontal da fachada representativa

Inicialmente, procede-se à introdução dos artigos que irão constar no orçamento. De seguida, insere-se as medidas da fachada, bem como as quantidades e outras informações que possam ser relevantes, como mostrado na Figura 55.

Nível 1	Nível 2	Nível 3	Ref	Descrição do artigo	Unid.	Larg.	Altur.
Fachada	02.29.02.05	02.29.02.05.01 - CE.24A		1 Folha projetante + 4 fixos	3	7,900	2,400
Fachada	02.29.02.05	02.29.02.05.03 - CE.25A		1 Folha de batente + 2 fixos	3	5,050	2,400

Figura 55 - Introdução dos vãos no orçamento

Nas colunas seguintes são calculados os custos dos respetivos materiais para compor o artigo. Estes podem ser determinados por um preço recebido pelos fornecedores e, neste caso, basta introduzir os valores no orçamento ou então são efetuadas medições e há um valor euro por metro quadrado para associar às medições.

Exemplificando a primeira situação, no caso dos sistemas de alumínio, é recebido um preço para a fachada e basta inserir na respetiva coluna do material e multiplicar pelas quantidades.

Na segunda situação, dando o exemplo para o vidro, é determinado um preço por m² pelo fornecedor. Com um valor da área medido para os vidros previamente, pode-se multiplicar os dois, chegando-se a um custo.

O custo total dos materiais estão a negrito em cima do nome que identifica as colunas, mostrado na Figura 56. A linha de totais no final das colunas, também faz este cálculo. A justificação dos totais na linha superior já foi explicada anteriormente.

Y	AD	AH	AL	AT	BA	BJ	BR	CA
Technal	Glass Consulting Sem Taxa Energética				Peso			
Euros	Euros	Euros	Euros	Euros				
104,45 93,24	114,26 93,24							
9 739,23	10 653,60	0,00	2 660,64	0,00	1 726,79	0,00	1 379,96	1 160,72
Sistemas	Vidro	Compósito	Estruturas	Extrusão	Chapa	Ferragens	Isolamentos	Fixações
5 833,74	6 499,11	0,00	1 558,77	0,00	1 053,41	0,00	822,81	693,93
3 905,49	4 154,49	0,00	1 101,86	0,00	673,38	0,00	557,14	466,78
9 739,23	10 653,60	0,00	2 660,64	0,00	1 726,79	0,00	1 379,96	1 160,72

Figura 56 - Introdução dos custos dos materiais no orçamento

Com a introdução destes custos, prossegue-se para a próxima fase que será o cálculo dos custos da mão-de-obra direta. Estes estão divididos entre os custos de fabrico e os custos de instalação em obra.

Para os tempos associados a cada elemento construtivo na matriz de tempos partiu-se da base estipulada no capítulo anterior. Estes não correspondem aos tempos verdadeiros de produção e instalação e são meramente representativos. Contudo, eram demasiado irrealistas, nomeadamente os tempos de montagem, onde se tem 2 horas para inserir os vedantes num perfil de montante, por exemplo.

Sendo assim, estipularam-se uns novos tempos genéricos, mas mais realistas para se poder efetuar uma posterior análise detalhada por tarefas de fabrico.

A taxa €/h para cada tempo foi a considerada no capítulo anterior e é igualmente representativa.

Introduzindo os elementos construtivos quantificados e medidos, como mostrado na Figura 57, é possível determinar os tempos de fabrico de corte e de montagem em fábrica bem como os de instalação em obra. Existem colunas suprimidas correspondentes a elementos construtivos que não foram utilizados.

	€/h	5,0	2,75	1,75	0,75	0,75	0	0	3,3	3,9	3,9	1,5	0	0	0
Fabrico Maquinagem	€/h	5,0	2,75	1,75	0,75	0,75	0	0	3,3	3,9	3,9	1,5	0	0	0
Fabrico Montagem	€/h	10,0	0,5	0,5	0	0,5	0	0	3,4	7,25	7,25	0	0	0	0
Instalação	€/h	15,0	2	1	1	1	2	4	2	3	3	1	1	1	1
			24	48	72	72	18	92,1	6	3	3	77,1	4,8	46,2	7,2
Designação Fachada	A	Unid.	Montantes	Travessas	Capas	Subcapa	Vidro capeado	Pré-aro	Aro	F.Batente	F.Projetante	Chapeamento /unidade,5m	Apl. Lã de rocha	Tela [m²]	XPS [m²]
CE.24A - 1 Folha projetante + 4 fixos		3	5	10	15	15	4	18,2	1		1	15,6	1	9,1	1,5
CE.25A - 1 Folha batente + 2 fixos		3	3	6	9	9	2	12,5	1	1		10,1	0,6	6,3	0,9
Total															

Figura 57 - Introdução das quantidades dos elementos construtivos na matriz de tempos

Na continuação da matriz de tempos encontra-se o somatório dos tempos necessários para os vãos a orçamentar. A cada um destes tempos, é aplicada a taxa €/h correspondente chegando a um custo estimado para cada vão, exemplificado na Figura 58.

323,70		135,90		680,40	
Tempo Fabrico Maquinagem [h]	▼	Tempo Fabrico Montagem [h]	▼	Tempo Instalação [h]	▼
196,35		76,95		415,50	
127,35		58,95		264,90	
323,70		135,90		680,40	

1 618,50		1 359,00		10 206,00		13 183,50	
Custo Fabrico Maquinagem [€]	▼	Custo Fabrico Montagem [€]	▼	Custo Instalação [€]	▼	Custo Total [€]	▼
981,75		769,50		6 232,50		7 983,75	
636,75		589,50		3 973,50		5 199,75	
1 618,50		1 359,00		10 206,00		13 183,50	

Figura 58 – Tempos e custos totais de fabrico, montagem e instalação

Estando o custo dos materiais e da mão-de-obra calculados, tem-se os custos diretos completamente definidos. A próxima etapa será calcular os custos indiretos, onde se considera os gastos dos vários departamentos que irão intervir na conceção da obra, nomeadamente o departamento de Projeto, Preparação, Gestão de Projeto e Direção de Obra. Prevê-se custos de mão-de-obra indiretos, veículos de aluguer, viagens, alimentação e alojamento, quando aplicáveis. Além dos custos de cada departamento também se considera o transporte dos materiais, custos de estaleiro onde se inserem os meios necessários para a conceção da obra, testes para confirmar as especificações exigidas, caso sejam necessários, equipamentos de proteção para os trabalhadores, contentores que servem de infraestrutura, meios de elevação para instalação da obra, entre outros.

Na coluna dos indiretos é feito o somatório dos principais grupos de custos. Neste caso, a conceção que corresponde ao departamento de projeto, os transportes e a engenharia que engloba vários departamentos e ainda o estaleiro de obra, apresentado na Figura 59.

Sobre venda	Estimativa	Estimativa					Estimativa	Folha Indirectos	Estimativa	
	2,28%									
								Euros		
	670,4		38,00	450,00	42,00	22,88	0,00	217,15		
			132	5	91	1.403	1	652		
4 676,19	2 680,00	900,00	22 562,04	5 016,00	2 250,00	3 822,00	32 099,02	74 985,86	141 634,92	148 991,12
Concepção	Transportes	Logística	Direcção de	Veiculos Dir	Viagens Dir	Alojamento	G.Projecto	Estaleiro e	Engenharia	Indirectos
2 808,81	1 564,76	540,60	13 552,14	3 012,92	1 351,49	2 295,73	19 280,64	45 034,31	85 061,78	89 435,35
1 867,39	1 115,24	359,40	9 009,90	2 003,08	898,51	1 526,27	12 818,38	29 951,55	56 573,14	59 555,77
4 676,19	2 680,00	900,00	22 562,04	5 016,00	2 250,00	3 822,00	32 099,02	74 985,86	141 634,92	148 991,12

Figura 59 - Custos indirectos considerados no orçamento

Com todos os custos necessários prever para a realização da obra, resta contemplar uma margem definida pela empresa para consolidar o seu bom funcionamento e lucros. Como a política da empresa não permite a partilha destas margens, não se considerou nenhuma, mostrado na Figura 60.

				0,00%		
56 551,43	148 991,12	205 452,55	0,00	2 204,45	205 542,55	
Directos	Indirectos	Industrial	Margens	PU	Venda	
33 968,25	89 435,35	123 403,60	0,00	2 169,54	123 403,60	
22 583,18	59 555,77	82 138,94	0,00	2 259,05	82 138,94	
56 551,43	148 991,12	205 542,55	0,00		205 542,55	

Figura 60 - Valores finais calculados para orçamentação

Depois do orçamento estar concluído, resta apresentar a estimativa de custos num formato compreensível para o cliente. Como o cliente forneceu uma folha própria para a comunicação dos valores finais, foi esta a utilizada, Figura 61


Orçamento					
Nº:	Orçamento				
Cliente:	DST				
Designação:	EMPREITADA DE CONSTRUÇÃO DO EDIFÍCIO "NOVO BANCO"				
Local:	Oeiras				
Art.º	DESIGNAÇÃO	Un.	QUANT	P/UNITÁRIO (€)	TOTAL (€)
02.29	Vãos				
02.29.02	Vãos de Alumínio				
02.29.02.05	Fornecimento e assentamento de vãos exteriores em caixilharia de alumínio da "TECHNAL" Fachada Grelha Standard MX 42 SF e folhas móveis Ref. Soleal FY65, acabamento mate na cor cinza Ral 7042, vidro duplo da "SGG" composto por vidro exterior Securit H.S.T. Cool-Lite ST 120 6mm, câmara de ar de 16mm com argon e vidro interior Stadip Protect Cool-Lite SKN 183 F3 55.2, incluindo aros e pré-aros do sistema, peças e/ou elementos de fixação, ferragens e fechaduras com mestragem, de acordo com mapa de vãos e fornecedor, puxador de muleta do sistema com acabamento lacado à cor do caixilho, bem como todos os restantes acessórios e trabalhos necessários a um bom acabamento/funcionamento. De acordo com indicações do fabricante/fornecedor, mapa de vãos, elementos de projecto e do seguinte tipo:				
02.29.02.05.01	CE 24A (7.90x2.40)m 1 Folha Projectante + 4 Folhas Fixas	un	3,00	41 314,73 €	123 944,20 €
02.29.02.05.02	CE 24B (7.90x2.40)m 1 Folha Projectante + 4 Folhas Fixas	un	3,00	27 499,45 €	82 498,35 €

Figura 61 - Apresentação dos valores orçamentados ao cliente

Por fim, resta esperar pela resposta do cliente e caso haja interesse demonstrado, realizar reuniões para esclarecimentos ou procurar alternativas mais em conta para se chegar a um valor que agrade ambas as partes.

4.3 Análise dos tempos de fabrico estimados

Tendo em foco o tema desta dissertação, que é a elaboração de uma ferramenta de cálculo dos custos de mão-de-obra direta, proceder-se-á a uma análise mais detalhada dos custos imputáveis à fábrica, considerando os vãos apresentados anteriormente.

No orçamento, os tempos de logística em fábrica estão calculados à parte da ferramenta desenvolvida. Por logística entende-se a receção, armazenamento e desempacotamento dos materiais quando são entregues na fábrica e o empacotamento quando estes estão transformados e prontos para expedição.

As barras para os perfis de alumínio têm um comprimento padrão de 6,5 metros e as chapas de alumínio também. Podem haver fornecedores que utilizem barras com 7 metros, mas não são tão comuns.

É necessário compreender que na ferramenta de cálculo, não estão considerados os aproveitamentos das sobras do material quando cortado. Esse estudo é efetuado pelo departamento de Produção.

Os tempos de transporte dos materiais entre a maquinaria e postos de trabalho estão previstos entre as etapas de fabrico e montagem.

Efetuando uma análise detalhada dos tempos previstos para cada elemento construtivo, identificados na figura 57, tem-se para os montantes um tempo de 2,25 horas para o tempo de corte, cerca de 135 minutos. Esta estimativa pode ser dividida em 4 etapas:

- Inicialmente está considerado o manuseamento dos perfis dos montantes desempacotados e introduzidos nos centros de maquinagem, demorando cerca de 15 minutos. Este tempo é justificado, pois as barras estão armazenadas em estantes/armários;
- O tempo de corte no centro de maquinagem é cerca de 90 minutos por montante. Está incluído a troca de ferramentas e eventuais reposicionamentos das barras dependendo da máquina utilizada. Estas barras possuem vários furos e rasgos para as fixações entre montantes e travessas e montantes e aros;
- A posterior transferência do montante para a máquina de corte de 2 cabeças e respetivo corte é aproximadamente 15 minutos. Esta máquina permite controlar o comprimento do montante com exatidão e precisão porque controla a distância entre as serras por comando numérico. Uma máquina de corte de 1 cabeça apenas controla a dimensão de um lado da barra. Pode haver imperfeições nas faces e, por isso, a utilização desta máquina é desaconselhada. Há uma redução do tempo de corte, pois numa operação efetuam-se dois cortes quando comparada com uma máquina de corte de 1 cabeça;
- Estando todas as etapas concluídas na transformação dos montantes, resta o manuseamento e armazenamento para posterior montagem. Nesta fase estão previstos 15 minutos, pois é necessária atenção ao tratamento do material e organização no armazenamento.

Para o tempo de montagem dos montantes, estão previstas 0,5 horas ou 30 minutos para a introdução de 2 vedantes, para o manuseamento e armazenamento.

Para as travessas, o tempo de corte estimado é de 1,75 horas ou 105 minutos apesar de apresentar as mesmas etapas que os montantes. Decompondo as tarefas tem-se:

- Manuseamento dos perfis das travessas desempacotados e introduzidos nos centros de maquinagem, demorando cerca de 15 minutos, sendo que a justificação é a mesma do que a dos montantes, pois esta etapa não depende do comprimento dos perfis;
- O tempo de corte no centro de maquinagem por travessa é cerca de 45 minutos, bastante menos do que os montantes por necessitar de menos furações e rasgos para fixações;
- O tempo de corte na máquina de 2 cabeças é de 15 minutos igual à dos montantes e a justificação de utilização desta máquina é a mesma;
- De seguida, a travessa segue para a máquina de malhetes onde é feito o corte para formar o encaixe nos montantes. Está previsto um tempo de 15 minutos;
- O manuseamento e armazenamento para a montagem está estimado para 15 minutos, os mesmos dos montantes.

Já para o tempo de montagem estão previstas 0,5 horas, ou seja, 30 minutos, igual ao dos montantes visto que a duração das operações são sensivelmente as mesmas independentemente do tamanho das barras.

As capas e subcapas possuem os mesmos tempos para o corte que é de 0,75 horas, cerca de 45 minutos. Estes perfis possuem menos etapas de fabrico, porque não é necessário corte nos centros de maquinagem. Assim sendo, tem-se 3 etapas:

- Está previsto para o manuseamento e transporte das barras para a máquina de 2 cabeças 15 minutos, como para os elementos anteriores;
- O tempo de corte na máquina de 2 cabeças é de 15 minutos, igual às barras anteriores;
- O manuseamento e armazenamento para a montagem está estimado para 15 minutos, estimativa igual aos perfis anteriores.

Não há tempo de montagem para as capas visto que quando a peça acaba de ser transformada, não há mais processos a efetuar em fábrica. Estas são instaladas em obra através de clipagem nas subcapas. Estes elementos não necessitam de vedantes ou selantes, visto que não tem uma função de estanquidade, apenas de estética.

O tempo de montagem para as subcapas justifica-se da mesma forma que os montantes e travessas e é de 30 minutos.

Os vidros capeados e pré-aros não assumem custos de fabrico. Não se prevê tempos para os vidros capeados, pois não há nenhum processo possível de efetuar em fábrica. Neste método de construção de fachada, o vidro é instalado em obra pelo exterior utilizando meios de elevação.

Geralmente é entregue em obra para a responsabilidade da qualidade e da integridade ser da empresa fornecedora.

Já os pré-aros são fabricados e montados na fábrica da Bysteel, por o material ser aço e não na fábrica da Bysteel FS, que trabalha sobretudo com alumínio. O preço para a produção destes elementos já está incluído no orçamento.

Para os aros desta obra, estão estimadas 3,3 horas ou 198 minutos para o fabrico e são necessárias 4 etapas:

- O manuseamento é igual ao dos elementos construtivos anteriores, de 15 minutos por barra. As dimensões dos aros são de 1 metro por 2,4 metros, porque apenas são utilizadas quando há janelas e esta é a dimensão de todas as aberturas. São necessárias 2 barras de 6,5 metros para a produção de cada aro, porque o perímetro é de 6,8 metros. O tempo total é de 30 minutos para esta fase;
- No centro de maquinagem, estão previstos 17 minutos para o corte de cada perfil do aro. É necessário efetuar algumas furações para fixações. Como são necessários 4 perfis, o tempo total é de 68 minutos;
- De seguida, efetua-se o corte de meia esquadria para encaixe dos perfis, onde se estipula um tempo de 15 minutos para cada barra do aro. O tempo total nesta estação é de 60 minutos. Esta operação permite controlar o tamanho de cada perfil e criar os ângulos desejados para posterior montagem;
- Por fim, tem-se o manuseamento e armazenamento do material prevendo-se 10 minutos para cada perfil, totalizando um tempo de 40 minutos.

Para a montagem destes elementos construtivos, está estimado um tempo de 3,40 horas ou 204 minutos.

- Para o manuseamento dos perfis para montar o aro, estima-se um tempo de 30 minutos. Como os perfis estão armazenados na estação de montagem e são de dimensões menores basta 2 transportes para recolher as barras todas;
- Os vedantes previstos para colocar no aro podem ser aplicados em cerca de 7,5 minutos por barra por apenas necessitar de 1 borracha. O total será de 30 minutos para os 4 perfis;
- Para a montagem efetiva do aro, prevê-se um tempo de 15 minutos por canto do quadro. Nesta etapa, colocam-se os esquadros e as respetivas fixações para confirmar a estrutura e rigidez ao aro. O tempo total é de 60 minutos;

- O aro montado passa para a máquina de cravamento para completar a fixação dos perfis de alumínio aos esquadros, estimando-se um tempo de 10 minutos. A máquina consegue cravar o alumínio nos esquadros apenas numa operação;
- A montagem continua inserindo-se as ferragens e acessórios num tempo de 44 minutos;
- Por fim, resta o manuseamento e armazenamento previsto em 30 minutos.

Para as folhas de batente e projetantes, os tempos de fabrico e montagem estão estimados com a mesma duração. A diferença poderia surgir devido ao número de ferragens a aplicar e respetivos rasgos, mas entre estes tipos de caixilharia não existe uma grande diferença. Os acessórios também podem influenciar nestes tempos, mas como são os mesmos não se justifica um agravamento dos tempos previstos.

Deste modo, o tempo de fabrico para as folhas é de 3,9 horas ou 234 minutos. As etapas previstas são as mesmas do que as dos aros e, por isso, tem-se 4 etapas:

- Manuseamento previsto de 15 minutos por barra e visto serem necessárias 2 barras, sendo a justificação a mesma dos aros, o total é de 30 minutos por folha;
- Nos centros de maquinagem, prevê-se um tempo de 26 minutos de corte por perfil, porque são necessários efetuar mais cortes para os acessórios, nomeadamente, para os puxadores e dobradiças. O tempo total será de 104 minutos;
- De seguida, efetua-se o corte de meia esquadria, onde se estipula um tempo de 15 minutos para cada perfil da folha. O tempo total nesta estação é de 60 minutos;
- Por fim, tem-se o manuseamento e armazenamento do material prevendo-se 10 minutos para cada perfil, totalizando um tempo de 40 minutos.

Para a montagem das folhas, está estimado um tempo de 7,25 horas ou 435 minutos. Tem-se as seguintes etapas:

- Manuseamento dos perfis está previsto um tempo de 30 minutos, com a mesma justificação dos aros;
- O tempo de introdução dos vedantes e selantes nas folhas está previsto em 60 minutos igual aos aros;
- Para a montagem efetiva da folha utilizando esquadros, prevê-se um tempo de 15 minutos para cada canto do quadro, sendo o total de 60 minutos;
- A folha passa para a máquina de cravamento para completar a fixação dos perfis de alumínio aos esquadros, estimando-se um tempo de 10 minutos;

- A folha segue para a mesa de trabalho inserindo as restantes ferragens e acessórios. Como é necessário instalar um maior número destes elementos o tempo previsto também é maior. Para esta etapa, estima-se um tempo de 60 minutos;
- De seguida, insere-se o vidro na folha em cerca de 20 minutos. É necessário a recolha, instalação e um cuidado em todo o processo para não danificar o vidro;
- Para fixar o vidro, é necessário a instalação dos bites por clipagem na folha. Estes elementos necessitam de ser cortados e inseridos no conjunto da janela. Para o manuseamento, estima-se um tempo de 15 minutos por barra, como são necessárias 2 barras, o tempo é de 30 minutos. O corte requer um tempo de 15 minutos por perfil, ou seja, 60 minutos no total. Para a fixação destes elementos na folha e no vidro, com os respetivos vedantes, prevê-se um tempo de 60 minutos. Como são perfis mais pequenos e de fácil instalação reduziram-se estes tempos. O tempo total definido é de 150 minutos;
- Por fim, o manuseamento e armazenamento das folhas é feito em cerca de 30 minutos. O conjunto tem de ser armazenado em cavaletes e necessitam de um cuidado especial devido ao vidro, daí esta previsão ser mais demorada do que para os aros.

As folhas não são inseridas nos aros, por depois não ser possível a instalação do conjunto numa fachada em obra. Os aros têm de ser fixados aos perfis de fachada em obra através de parafusos e só depois as folhas nos aros através de dobradiças.

Os últimos elementos construtivos para a obra que requerem transformação na fábrica são as chapas, visto que a lã de rocha, as telas e o XPS são instalados em obra.

Estão previstas 1,5 horas por cada chapa com 6,5 metros ou menos, ou seja, 90 minutos. Estão incluídas as 2 chapas inferiores identificadas pela legenda C11 e a chapa superior identificada com C06 na Figura 62.

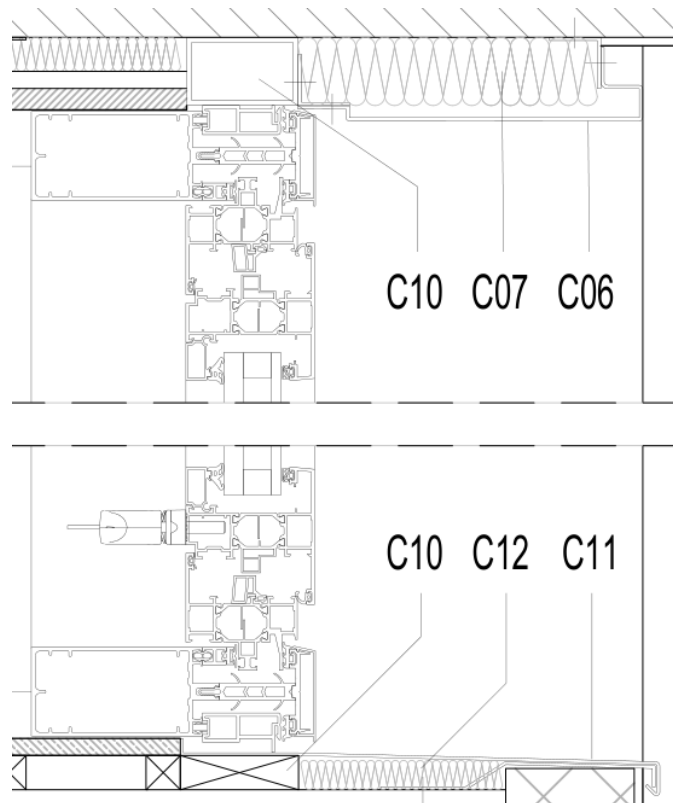


Figura 62 - Corte vertical tipo da fachada

- Para o manuseamento da chapa, prevê-se um tempo de 15 minutos, por cada chapa;
- De seguida, para o corte do material, utilizando uma rebarbadora, está estimado um tempo de 15 minutos para cada corte;
- Relativamente às quinagens, a geometria da chapa de topo pode ser simplificada, sendo apenas necessário efetuar as 3 dobras exteriores. As duas quinagens juntas ao perfil da travessa superior não são necessárias, pois não acrescentam nenhuma melhoria na estanquidade da fachada ou na estética. Para além disto, os raios de quinagem são muito pequenos, o que implica o fabrico destas por empresas externas especializadas, ou seja, custos mais elevados. Relativamente às chapas identificadas como C11, a inferior necessita de 3 quinagens e a superior também. Estas podem ser identificadas na Figura 63. O tempo para cada chapa será de 45 minutos ou de cerca de 15 minutos para cada quinagem e posicionamento. O tempo total para previsto é de 135 minutos;

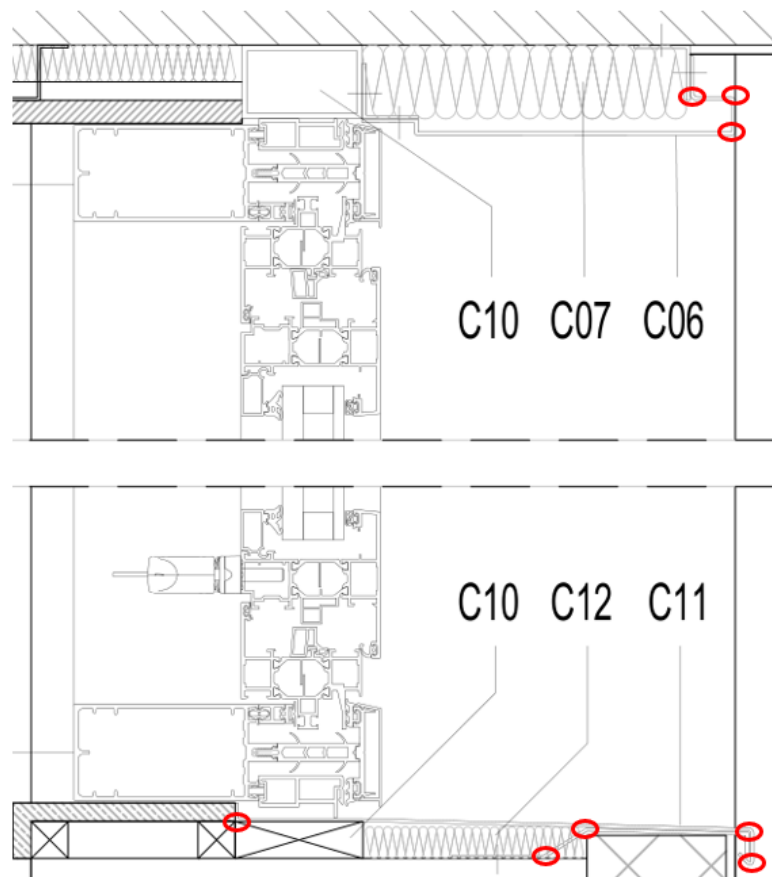


Figura 63 - Identificação das quinagens na fachada tipo

- Por fim, para o manuseamento e armazenamento estão considerados 15 minutos. Como as chapas são de fácil manuseamento, pode-se prever o mesmo tempo que os restantes elementos.

A montagem é feita em obra, visto que as chapas são colocadas para remates e acabamentos.

A Tabela 4 sumariza os tempos, em minutos, por etapa de fabrico para cada elemento construtivo. O tempo está considerado em minutos para facilitar a perceção dos mesmos. No entanto, para efeitos de cálculo na folha de orçamento torna-se mais lógico a utilização de horas para aplicação das taxas de custo euro/hora.

Tabela 4 - Tabela resumo para os tempos das tarefas

	Montantes	Travessas	Capas	Subcapa	Aro	F.Batente	F.Projeante	Chapeamento [unid 6,5m]
Fabrico								
Manuseamento	15	15	15	15	30	30	30	15
Centro maquinagem	90	45			68	104	104	
Máquina de malhetes		15						
Máquina de 2 cabeças	15	15	15	15				
Máquina de 2 cabeças (meias esquadrias)					60	60	60	
Quinagem								45
Corte rebarbadora								15
Manuseamento/armazenamento	15	15	15	15	40	40	40	15
Total (minutos)	135	105	45	45	198	234	234	90
Total (horas)	2,25	1,75	0,75	0,75	3,30	3,90	3,90	1,50
Montagem								
Manuseamento					30	30	30	
Esquadros					60	60	60	
Máquina cravamento					10	10	10	
Ferragens/acessórios					44	60	60	
Vidro						20	20	
Bites						150	150	
Vedantes/Selantes	15	15		15	30	60	60	
Manuseamento/armazenamento	15	15		15	30	30	30	
Total (minutos)	30	30	0	30	204	435	435	0
Total (horas)	0,50	0,50	0,00	0,50	3,40	7,25	7,25	0,00

5. CONCLUSÕES

Com a elaboração desta ferramenta de cálculo, o rigor e coerência dos custos calculados para a mão-de-obra em fábrica são maiores do que a solução implementada previamente na empresa.

A grande vantagem desta ferramenta é permitir a decomposição dos sistemas em elementos construtivos. Com este desmembramento, o utilizador pode conjugar os elementos que considera relevantes na produção dos sistemas, obtendo um tempo total estimado para os mesmos.

No futuro, a introdução de mais elementos construtivos e respetivos tempos previstos, significam uma uniformidade de custos dentro do departamento comercial, ou seja, aumentando a base de dados, a ferramenta torna-se mais completa e rigorosa. Dependendo da obra e das soluções a implementar, os tempos na base de dados podem não estar coerentes com a complexidade exigida, mas permitem ter um ponto de partida comum. O orçamentista pode prever um agravamento ou desconto, que será confirmado posteriormente pelo diretor de produção da fábrica.

Para futuras melhorias, pode-se acrescentar rácios de otimização do aproveitamento do material, calculados pelo departamento de Otimização de Produção, tornando a folha mais exata.

Outra sugestão de melhoria, passa pela introdução dos tempos de fabrico reais que permitem efetuar um estudo comparativo dos cálculos teóricos estimados. A ferramenta pode ser melhorada conforme estas informações, com taxas de agravamento ou desconto.

Outra opção de melhoramento implica explorar a funcionalidade das macros no *Microsoft Excel*. Esta é uma funcionalidade poderosa que memoriza e efetua processos repetitivos. Isto pode ser útil para atualizar a matriz de tempos com os elementos construtivos desejados e respetivos tempos. Um exemplo desta aplicação é a introdução dos elementos na folha de “Tarifas e tempos” e quando este processo terminar a macro entra em ação. É necessário definir uma tecla para iniciar a macro. A sua função será copiar os elementos e respetivos tempos para a matriz, atualizando também as tabelas auxiliares de cálculo e análise. No final desta ação, tem-se a matriz atualizada conforme a introdução de dados pelo utilizador e pronta para ser utilizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Alves, Ângela Guiomar Ferreri de Gusmão e Silva. 2021. “Desenvolvimento e análise de um sistema modular para a construção de edifícios”. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal. Available: <https://hdl.handle.net/1822/76885>
- [2] Bogas, Joana Maria Peixoto. 2011. “FACHADAS DE VIDRO Explorar os limites da utilização do vidro na construção”. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal. Available: <https://hdl.handle.net/1822/23103>
- [3] Coelho, Diogo Filipe Moreira. 2016. “Utilização do BIM 4D e 5D enquanto metodologia avançada para o planeamento, preparação e monitorização de obras”. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal. Available: <https://hdl.handle.net/1822/48360>
- [4] Costa, Carolina Silveira Machado Pereira. 2018. “CONTROLO DA QUALIDADE DE FACHADAS EM VIDRO Fachadas-Cortina e Fachadas em Vidro Exterior Agrafado”. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico Lisboa, Lisboa, Portugal. Available: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/departamentos/decivil/dissertacao/846778572211982>
- [5] Correia, Susana Margarida Araújo Moutinho. 2012. “Orçamentação e controlo de custos: estudo de caso “. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal. Available: <https://hdl.handle.net/1822/21632>
- [6] Dutra, Miguel Resendes. 2010. “Caracterização de Revestimentos em Fachadas Ventiladas. Análise do Comportamento”. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico Lisboa, Lisboa, Portugal. Available: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/cursos/mec/dissertacao/2353642268828>
- [7] Faria, José Amorim. 2014.” Noções Elementares sobre orçamentos de obras de construção civil.” Available:https://web.fe.up.pt/~construc/go/docs_GO/sebenta/por%20capitulos%202013/07-or%C3%A7amentos-rev10fev14.pdf
- [8] Figueiredo, Carlos Miguel Macário. 2018. “Visões prática e de investigação no âmbito da construção metálica”. Tese de Mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal. Available: <http://hdl.handle.net/10773/25347>

- [9] Furtado, Renata. 2000. "Análise comparativa do custo da mão-de-obra direta na construção civil". Trabalho de conclusão de curso, Florianópolis, Brazil. Available: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/110571>
- [10] Jesus, Carla Catarina Costa de. 2021. "Problemática da qualidade da fase de conceção: influência na orçamentação e execução da obra". Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal. Available: <https://hdl.handle.net/1822/76881>
- [11] Lang, Werner; Herzog, Thomas; Krippner, Roland. 2004. "Façade Construction Manual". Terceira edição. Available: <https://doi.org/10.11129/9783955533700>
- [12] Mattos, Aldo Dórea. 2006. "Como preparar orçamentos de obras". Terceira edição. Available: https://www.academia.edu/31444799/Como_preparar_or%C3%A7amentos_de_obras_Aldo_D%C3%B3rea_Mattos
- [13] Marinho, Bruno Filipe dos Santos. 2012. "Caraterização experimental do Vidro Laminado como Material Estrutural – Avaliação da Influência dos Elementos Intercalares e da Temperatura". Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal. Available: <https://hdl.handle.net/1822/29648>
- [14] Mendonça, Paulo. 2005. "Habitar sob uma segunda pele: estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados". Tese Doutorado, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal. Available: <https://hdl.handle.net/1822/4250>
- [15] Nicholas, John M.; Steyn, Herman. 2008. "Project Management for Business, Engineering, and Technology: Principles and Practice". Fifth Edition. Available: <https://doi.org/10.4324/9781315676319>
- [16] Oliveira, Luciana Alves de; Melhado, Silvio. 2009. "Projeto de fachadas leves: especificações de desempenho". Tese Doutorado, Universidade São Paulo, São Paulo, Brazil. Available: <https://doi.org/10.11606/T.3.2009.tde-08092010-125813>
- [17] Pinto, José. 2009. "Caderno encargos" Projeto: Edifício Multifamiliar Isolado. Available: https://www.cype.net/pdfs/portugal/caderno_de_encargos.pdf
- [18] Resende, Débora Coelho Ribeiro de. 2020. "Controlo e melhoria da qualidade num processo de produção de caixilharia". Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal. Available: <https://hdl.handle.net/1822/64792>

- [19] Shubhava; A. Jayarama; Ganesh K. Kannarpady; Sangeeta Kale; Shriganesh Prabhu; Richard Pinto. 2022. "Chemical etching of glasses in hydrofluoric Acid: A brief review" Available: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.110>
- [20] Chemical etching of glasses in hydrofluoric Acid: A brief review, Available: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.110>
- [21] Silva, Paulo Fernando Cunha de. 2016. "Controlo e Análise de Custos numa Empresa de Construção Civil". Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal. Available: <https://hdl.handle.net/1822/46759>
- [22] Tisaka, Maçahico. 2006. "Orçamento na construção civil – Consultoria, projeto e execução". Segunda edição. Available: <https://zlib.pub/book/oramento-na-construao-civil-consultoria-projeto-e-execuao-41b4u6fs19u0>
- [23] Thörn, Åke. 1998. "The sick building syndrome: a diagnostic dilemma". Available: [https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(98\)00206-8](https://doi.org/10.1016/S0277-9536(98)00206-8)
- [24] Sacht, Helenice Maria. 2013. "Módulos de Fachada para Reabilitação Eco-Eficiente de Edifício. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal. Available: <https://hdl.handle.net/1822/28769>