



Universidade do Minho
Escola de Arquitectura

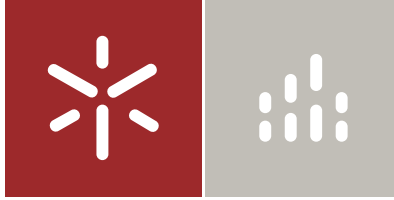
Ana Francisca Fernandes Ferreira Amorim

A Vegetação na Envolvente Exterior dos
Edifícios: Impactos, Condicionantes e
Estratégias de Intervenção Ecoeficientes

Ana Francisca Fernandes Ferreira Amorim
A Vegetação na Envolvente Exterior dos Edifícios: Impactos,
Condicionantes e Estratégias de Intervenção Ecoeficientes

UMinho | 2015

outubro de 2015



Universidade do Minho
Escola de Arquitectura

Ana Francisca Fernandes Ferreira Amorim

A Vegetação na Envoltente Exterior dos
Edifícios: Impactos, Condicionantes e
Estratégias de Intervenção Ecoeficientes

Dissertação de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Arquitectura

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Paulo Jorge Figueira Almeida
Urbano Mendonça

AGRADECIMENTOS

O meu sincero obrigado a todas aquelas pessoas que me acompanharam na realização deste trabalho, demonstrando todo o seu interesse e ajuda, e que contribuíram para a concretização deste objetivo.

Ao meu orientador, Professor Doutor Paulo Mendonça pelo acompanhamento, disponibilidade e conhecimentos transmitidos.

Aos meus pais pelo apoio incondicional, tornando possível a realização e conclusão de mais uma etapa na minha vida.

À Stefany, ao André e ao Cristiano pelo incentivo, paciência e ajuda dispensada ao longo de todo este tempo.

À Vânia e à Vera por todo o companheirismo e cooperação.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, fizeram parte deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho procura dar a conhecer novas soluções e formas de construir, através do uso de materiais naturais de origem vegetal. O destaque recai sobre a vegetação viva, enquanto elemento transformador do projeto de arquitetura, auxiliando no controlo acústico e térmico da habitação.

Num primeiro momento, serão apresentados e analisados alguns materiais deixando em aberto soluções alternativas com recurso aos mesmos, como sendo capazes de minimizar o impacto da construção e o elevado consumo de energia verificado por este sector. Num segundo momento serão abordadas as técnicas de construção com vegetação acompanhadas de exemplos que as retratam, seguido de uma breve crítica às mesmas. Por fim far-se-á uma seleção de projetos em que os materiais vegetais são o principal componente do elemento construtivo, distinguindo os exemplos nacionais dos internacionais.

Através da análise dos diferentes modos e usos das espécies vegetais acaba-se por fazer uma proposta de uma parede modular, constituída maioritariamente por materiais vegetais, de baixo peso e reduzida energia incorporada. Esta parede poderá sofrer diferentes ampliações chegando mesmo a um ou mais módulos habitacionais, que poderá variar as suas aberturas para o exterior, com a adição ou subtração de caixas de madeira com vegetação.

Além disso, possuirá uma dinâmica constante provocada pela própria vegetação, de acordo com o crescimento, cor e textura das suas folhas, flores ou mesmo frutos.

O comportamento da parede modular de materiais vegetais será comparado a outras soluções permitindo obter uma relação direta entre os valores das diferentes paredes. Pretende-se abrir horizontes a nível construtivo e, passo a passo, reafirmar a necessidade de construir de forma controlada e com os materiais apropriados. Os materiais vegetais apresentam-se assim, como uma aposta competitiva, uma vez que reduzem o impacto energético e permitem uma construção mais equilibrada e sustentável.

ABSTRACT

The work presented seeks to present new solutions and ways of building, resorting to the usage of natural plant-based materials. The highlight rests on the living vegetation, as a transforming element of the architectural project, aiding in the housing's acoustic and thermic control.

In a first moment, some plant-based materials will be presented and analysed leaving open alternative solutions resorting to them as capable of minimising the construction impact and the high energy consumption related to this sector. In a second stage, we will address to plant-based construction techniques documented by examples that portrait them and are followed by a critical evaluation on each of the techniques. Finally, will be presented a selection of projects in which plant and forest materials are the main construction element, distinguishing national from international examples.

Through the analysis of different ways and usages of plant species we end up proposing a module wall, built mainly from plant materials, being light and having reduced energy incorporated. This wall may be submitted to different enlargements reaching even to become one or more building housing units, which may vary its openings to the outside by a adding or subtracting wooden boxes with vegetation. Thus, it will possess a constant dynamic created by the own plants species, according to the growth, colour and texture of its leaves, flowers or even fruits.

The behaviour of the modular plant wall will be compared to other solutions allowing us to obtain a direct relation amongst the values of the several walls. We intend to open minds in what the construction level is concerned and, step by step, strengthen the need of building in a controlled way and with the most appropriate materials. This way the plant-based materials present a more competitive investment as it reduces the energetic impact and allows a more sustainable and balanced construction.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice	ix
Índice de Figuras	xiii
Índice de Tabelas.....	xvii
1 Objetivos/ Metodologia.....	3
2 Introdução.....	5
3 Materiais Vegetais na construção	7
3.1 Madeira.....	7
3.2 Palha	8
3.3 Cortiça	10
3.4 Fibra de Côco.....	11
3.5 Papel	11
3.6 Vegetação	13
4 A vegetação na arquitetura	15
4.1 Fachadas verdes	16
4.2 As Técnicas Construtivas no Sistema de Paredes Verdes.....	17
4.2.1 Fachada Verde Modular	18
4.2.2 Fachada Verde através do Sistema de Mantas Absorventes	19
4.2.3 Fachada Verde Estrutural	20
4.2.4 Fachada Verde tradicional	20
4.2.5 Sistema tubular	22

4.2.6	Fachada Verde através de um sistema de redes, vasos e suportes alternativos	23
4.3	Sistemas de irrigação em paredes verdes	25
4.3.1	Sistema de rega para paredes pré – fabricadas.....	25
4.3.2	Sistema de rega produzida <i>in situ</i>	26
4.3.3	Sistema por vaporização	26
4.3.4	Sistema de Integração Ecoesgoto.....	26
4.4	Crítica comparativa entre as diferentes técnicas.....	28
5	O Uso de Materiais Vegetais na Construção: Exemplos Internacionais	31
5.1	Arquitetura Vernacular	31
5.1.1	Islândia	31
5.1.2	Escócia.....	32
5.2	Arquitetura Contemporânea.....	33
5.2.1	Green Box, Rhaetian Alpes.....	33
5.2.2	O House, Vietname.....	34
5.2.3	Malator, País de Gales	34
5.2.4	Fachadas Bio-reactivas, Alemanha	35
5.2.5	Rong Bao Zhai Livraria, Pequim	36
6	O Uso dos Materiais Vegetais na Construção: Exemplos em Portugal	37
6.1	Arquitetura Vernacular	37
6.1.1	Casas em Santana, Madeira	38
6.1.2	- Casas na Carrasqueira, Alcácer do Sal.....	40
6.2	Arquitetura Contemporânea.....	48
6.2.1	Natura Towers	48
6.2.2	Dolce Vita Tejo.....	49
7	Proposta de sistema modular de Fachada Vegetal	51

7.1	Conceito: A caixa	51
7.1.1	A caixa: Possibilidades de apropriação	52
7.2	A Parede habitacional	54
7.3	O Modelo Habitacional.....	60
7.3.1	Estrutura	60
7.3.2	Sistema de Rega.....	63
7.3.3	Orientação dos elementos verticais	64
7.3.4	Espécies selecionadas	64
7.3.5	Alçados Interiores e Exteriores.....	70
7.3.6	Integração do modelo na paisagem.....	73
8	Análise do Sistema Construtivo da Parede Proposta	77
8.1	Análise da solução construtiva proposta com recurso a comparação com outras soluções.....	79
9	Conclusões	83
10	Bibliografia	87
11	Créditos de Figuras	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Wooden House, Sou Fujimoto.....	8
Figura 2. Casa na Comporta, Aires Mateus	10
Figura 3. Pavilhão de Portugal, Souto Mouro e Siza Vieira.....	10
Figura 4. Fibra de Côco em vaso, placa e manta	11
Figura 5. Pavilhão IE Paper, Shigeru Ban Architects	12
Figura 6. Shoji e Fusuma em habitações japonesas.....	12
Figura 7. Condicionantes da vegetação na Arquitetura	13
Figura 8. Casa Scheu, Adolf Loos.....	15
Figura 9. Pormenor Construtivo de Fachada Verde Modular.....	18
Figura 10. Museu Quai brandley de Patrick Blanc, Paris.....	19
Figura 11. Bolsas efetuadas nas mantas absorventes nas Natura Towers, Portugal.....	19
Figura 12. Edifício Planeta, em Barcelona	20
Figura 13. Sistema tradicional por auto -fixação e sistema tradicional por sistema independente.....	21
Figura 14. . West School Complex (1997), Duncan Lewis	21
Figura 15. Jardim Urbano no Aeroporto Internacional O’Hare, em Chicago	22
Figura 16. Pormenor Construtivo de sistema tubular	23
Figura 17. Reutilização de Garrafas, Marcelo Rosenbaum.....	23
Figura 18. Projeto “Entre o ar”, José Selgas e Lúcia Cano	24
Figura 19. Eco- Boulevard, em Madrid.....	25
Figura 20. Sistema de rega por gotejamento.	25
Figura 21. Sistema de Rega produzido <i>in situ</i>	26
Figura 22. Sistema por vaporização no Edifício Harmonia 57, em São Paulo	26
Figura 23. Sistema Ecoesgoto.....	27
Figura 24. Edifícios Glaumbaer, na Islândia	31
Figura 25. Black house, na Escócia.....	33
Figura 26. Green Box, Rhaetian Alpes	33
Figura 27. Secção de O House, Wangstudio	34

Figura 28. O House, de Wangstudio no Vietname	34
Figura 29. Malator, Future Systems	35
Figura 30. Construção de Fachadas Bio- Reativas	35
Figura 31. Projeto desenvolvido através da utilização de microalgas	36
Figura 32. Rong Bao Zhai Livraria, China	36
Figura 33. Habitação primitiva de pedra e materiais vegetais, de forma cilindro-cónica: Cabana de dois pisos em Abrunhosa, Mangualde.....	37
Figura 34. Habitação primitiva de pedra e materiais vegetais, de planta retangular: Choupana de cobertura de duas águas em Prime, Viseu	37
Figura 35. Habitação primitiva do tipo cobertura-parede em materiais vegetais de planta circular: Choça em Beirã, Marvão	38
Figura 36. Habitação primitiva do tipo cobertura-parede em materiais vegetais de planta retangular: Cabanas na Ilha de Armona, Fuzeta	38
Figura 37. Casas de Empena ou de Fio, Madeira	39
Figura 38. Casa redonda, típica de são Jorge	39
Figura 39. Casas de Meio Fio, Madeira	39
Figura 40. Aproximação a cobertura de casa de Meio Fio Madeira.....	39
Figura 41. Alçado e planta de habitação primitiva de cobertura e parede diferenciadas em materiais vegetais de forma cilindro-cónica: Curveiro em Vale Chaim, Odemira.....	40
Figura 42. Mapa de Portugal com destaque do distrito de Setúbal, e Alcácer do Sal a vermelho	40
Figura 43. Localização da Carrasqueira	41
Figura 44. Mapa da região da Carrasqueira com marcação das cabanas com materiais vegetais.....	41
Figura 45. a) Alçado Este; b) alçado Sul; c) Alçado Oeste; d) Alçado Norte.....	42
Figura 46. Plantas esquemáticas do posicionamento da entrada e circulação no interior de cabanas com e sem compartimentação	44
Figura 47. Desenho esquemático da entrada das casas da Carrasqueira	44
Figura 48. Desenho da estrutura e dos materiais que compõem as casas	45
Figura 49. Tipologias dos diferentes tipos de parede	45
Figura 50. Natura Towers, CGP Arquitectos (exterior e interior).....	49
Figura 51. Jardins Verticais no Dolce Vita Tejo	49

Figura 52. Dimensões da caixa de fruta	51
Figura 53. Formas de Apropriação da caixa.....	52
Figura 54. Peça de fixação das caixas	52
Figura 55 Esquema representativo dos rasgos formados pelas caixas.....	53
Figura 56. Criação de hortas verticais com recurso à conexão das caixas.	53
Figura 57. Ampliação de esplanadas/zonas de estar	54
Figura 58. Processo de Construção da Caixa com Vegetação.....	54
Figura 59. Composição da caixa	55
Figura 60. Abertura de Vãos e janelas fixas	57
Figura 61. Abertura de vãos em janelas móveis.....	57
Figura 62. Pormenor Construtivo da Parede Modular.....	59
Figura 63. Viga oca em madeira	61
Figura 64. Esquema da montagem e estrutura do edifício.	61
Figura 65. Pormenor Construtivo do Módulo Habitacional.....	62
Figura 66. Manta Geodrenante.....	63
Figura 67. Sistema de Rega por Gotejamento da Parede Vegetal Proposta.....	64
Figura 68. <i>Thymus Vulgaris</i>	65
Figura 69. <i>Lavandula Angustifolia</i>	66
Figura 70. <i>Rosmarinus officinalis</i>	66
Figura 71. Arranjo de vasos com morangueiros no Chelsea Flower Show (2009) e estufa com cultivo de morangos.	67
Figura 72. <i>Ocimum basilicum</i> L.	68
Figura 73. <i>Rhipsalis Baccifera</i> com e sem flor.	68
Figura 74. <i>Russelia equisetiformis</i> com e sem flor	69
Figura 75. <i>Nephrolepis cordifolia</i>	69
Figura 76. Jardim vertical do paisagista Daniel Cruz.	69
Figura 77. <i>Epipremnum aureum</i> ou Jiboia.....	69
Figura 78. <i>Tradescantia zebrina</i>	70
Figura 79. Alçado Poente à esquerda(exterior e interior) e Alçado Norte à direita(exterior e interior)	70
Figura 80. Alçado Nascente à Esquerda (exterior e interior) e Alçado Sul à Direita(exterior e interior).....	71

Figura 81. Alçado Poente e Alçado Norte em Primavera/Verão.....	71
Figura 82. Alçado Nascente e Alçado Sul em Primavera/ Verão.....	71
Figura 83. Corte representativo da parede vegetal e do espaço interior do módulo.....	72
Figura 84. “Edifício-horta”	73
Figura 85. “Edifício- Refúgio”	74
Figura 86. Edifício integrado no meio urbano como anexo e/ ou horta urbana.	75
Figura 87. Edifício flexível a diferentes usos.....	76
Figura 88. Pormenores construtivos da Parede da Carrasqueira (A), Parede de Alvenaria de Pedra (B) e Parede com sistema ETICS (C)	79

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Comparação dos Sistemas de Fachada Verde	29
Tabela 2. Cálculo do valor do Índice de Condutibilidade Térmica da Parede das Casas da Carrasqueira.....	47
Tabela 3. Propriedades da Parede das Casas da Carrasqueira.....	47
Tabela 4. Comparação das propriedades dos materiais isolantes.....	55
Tabela 5. Comparação das propriedades de materiais transparentes.....	56
Tabela 6. Comparação das propriedades de materiais estruturais.....	60
Tabela 7. Propriedades da Parede Vegetal Proposta.	77
Tabela 8. Coeficiente de Transmissão Térmica de Referência de Acordo com a Zona Climática	78
Tabela 9. Gráfico da Acústica da Parede Vegetal Proposta	78
Tabela 10. Síntese das Propriedades da Parede Vegetal Proposta.....	79
Tabela 11. Propriedades da Parede A	80
Tabela 12. Propriedades da Parede B	80
Tabela 13. Propriedades da Parede C	80
Tabela 14. Comparação de parede proposta com parede A, B e C.	80



“ (...) Estamos numa época em que todos estão alarmistas, com razão, pela questão da deflorestação, do excesso de emissões de dióxido de carbono, do aquecimento global. Então eu acredito que é muito importante ter uma imagem positiva da convivência do homem com a natureza nas cidades. Estamos bem além duma tendência, é algo que vai durar mais, os espaços verticais estão livres. Os horizontais são necessários para os veículos, para caminhar...” Blanc¹

¹ BARBOSA, Jaques - Britânico viaja pelo mundo construindo jardins verticais em diversas cidades. [s.d]

1 OBJETIVOS/ METODOLOGIA

Este trabalho tem como objetivos fulcrais a exploração e análise de novas formas de construir, que poderão dar resposta ao excessivo consumo de energia por parte do sector de construção. A ideia é construir de forma mais cuidada, tendo em conta o conforto térmico e acústico das construções, bem como a comodidade proporcionada ao interior da habitação, com materiais selecionados de baixa energia incorporada, com foco na redução do impacto ambiental da construção.

O modo de construir alternativo poderá ser feito através do uso de materiais naturais de origem vegetal, com forte incidência na vegetação viva que poderá criar diferentes sensações e provocar diferentes níveis de bem-estar.

Estas novas estratégias de construir, poderão abrir horizontes construtivos, possibilitando uma maior escolha nas soluções arquitetónicas.

O trabalho desenvolver-se-á a partir da análise e conhecimento de materiais de origem vegetal e do seu comportamento e aplicação enquanto sistema construtivo. Posteriormente, o foco incidirá na análise dos diferentes sistemas de integração de vegetação em paredes exteriores e da crítica ao seu comportamento. Serão estudadas construções em materiais vegetais existentes em Portugal e ainda exemplos internacionais onde inovação, tecnologia e eficiência energética são as questões que se apresentam com maior destaque.

Após a abordagem destes diferentes elementos será apresentada uma proposta de uma construção modular com o máximo do uso de materiais naturais de origem vegetal, passível de ser ampliada, que responda aos critérios de sustentabilidade e que necessite do mínimo de energia possível durante a construção e utilização.

Pretende-se também demonstrar que a vegetação pode ser utilizada como elemento de controlo do sombreamento e da luz natural do interior duma construção. O sistema apresentado terá a flexibilidade de funcionar isoladamente ou ser ampliado sobre diferentes formas, constituindo um sistema modular habitável ou não, de acordo com o fim para o qual é idealizado.

A imagem criada através dos diferentes materiais provoca um dinamismo na estética do elemento de fachada, possibilitando diferentes combinações. Espera-se que os resultados deste trabalho possam constituir um contributo na redução dos consumos energéticos e do impacto ambiental das construções de edifícios de habitação.

2 INTRODUÇÃO

Atualmente, o sector da construção civil representa um elevado impacto no consumo de energia, quer ao nível da produção dos materiais de construção quer ao nível da energia para aquecimento e arrefecimento no interior de edifícios.

Este sector económico é responsável pela produção de “50% dos resíduos acumulados em aterros sanitários, pela produção de 30% das emissões de CO₂ para a atmosfera e por 40% do consumo de energia total anual”².

“Além disso, a nível mundial a indústria da construção consome mais matérias-primas (...) (quase 50% em massa) que qualquer outra atividade económica, o que evidencia um sector claramente insustentável.”³

Os desafios ambientais são bastante significativos e graves e requerem soluções urgentes e relevantes.

“Importa não esquecer que mesmo que por hipótese todas as emissões de carbono cessassem subitamente, a quantidade já existente na atmosfera iria lá permanecer durante os próximos 100 anos (Clayton, 2001).”⁴

Deste modo, existe a necessidade de encontrar soluções que conduzam a uma construção mais sustentável, o que em parte pode ser alcançado com a utilização de materiais mais eficientes do ponto de vista económico, tecnológico e ambiental.

A grande questão reside no facto da população perceber estes novos desafios e os problemas existentes, mas ainda assim não ter iniciativa de mudança, de quebra com o passado. A arquitetura precisa de ser reconhecida por outra vertente, que se adapte aos novos desafios, às novas realidades e que dê resposta àquilo que se quer contrariar.

Prevê-se que em 2020, todos os edifícios novos deverão ser altamente eficientes e ter um balanço energético próximo do zero. É algo que já existe mas cuja implementação vai passar a ser obrigatória.⁵

² VASCONCELOS, Graça, [et al.] - *Validação Experimental de uma Solução Eco - eficiente de Paredes Divisória*, 2012.

³ TORGAL, F, PACHECO JALALI, Said - *A Sustentabilidade dos Materiais de Construção*, 2010.

⁴ TORGAL, F, PACHECO JALALI, Said, 2010.

⁵ ASCENSO, Rita - *Nearly zero energy buildings*. [s.d]

3 MATERIAIS VEGETAIS NA CONSTRUÇÃO

Grande parte da energia utilizada na construção relaciona-se com a escolha dos materiais que, por vezes, não sendo os mais adequados, acabam por tornar a construção dispendiosa e com elevado impacto ambiental.

A escolha destes deve, assim, privilegiar materiais não tóxicos, recicláveis, com baixa energia incorporada, que provenham de fontes de energia renováveis, duráveis e tendo em conta o seu ciclo de vida.⁶

O uso de materiais vegetais consegue combater, em parte, alguns dos problemas inerentes à utilização de materiais industrializados, de elevada energia incorporada responsáveis por uma significativa parte dos impactos ambientais referentes ao sector da construção civil na fase de construção. Relativamente aos impactos ambientais da fase de uso, os materiais vegetais podem ser utilizados como elementos de regulação térmica, lumínica e acústica, sendo que a utilização de vegetação viva permite mesmo a absorção de carbono e chegar a um balanço de emissões positivo.

Serão abordados alguns deles, neste capítulo, como referência e auxílio para a proposta que se irá apresentar no capítulo 7.

3.1 Madeira

A madeira, sendo um material natural, é aquele que melhor consegue aliar os desempenhos estético, ambiental e mecânico. As suas características diferenciam-se de acordo com a espécie florestal, podendo variar de acordo com a idade, solo, condições florestais, disponibilidade de água, entre outras.

Há uma multiplicidade de produtos de madeira, que se evidenciam pela forma, dimensionamento, cor, características físicas e mecânicas.

Nos países em que a madeira é abundante, é empregue quase na totalidade na construção, desde a estrutura até ao mobiliário. Em Portugal era usada na sua maioria nas estruturas e soalhos de pavimentos, nas estruturas de coberturas e em janelas e

⁶ TORGAL, F, PACHECO JALALI, Said - *A Sustentabilidade dos Materiais de Construção*, 2010.

portas, sendo constante até finais do séc.XIX, inícios do séc. XX. Hoje em dia, a sua utilização já não é tanto estrutural, apresentando maior destaque em portas, apainelados, *parquets* e soalhos.⁷

Contudo, a madeira tem alguns inconvenientes, quando nos deparamos com problemas de durabilidade, na manutenção periódica, no facto de ser combustível e não ser muito apropriada para construção em altura.

Para combater alguns destes problemas, já existem inúmeros tratamentos e produtos que asseguram mais resistência e durabilidade à madeira natural.

Sou Fujimoto apresenta um projeto totalmente construído em madeira e vidro designado por Wooden House.

O projeto parte do empilhamento de troncos, e o que o diferencia é a posição que desempenham, dada a sua versatilidade. Não há divisões interiores, seja em paredes como em pavimentos. Os espaços vão-se criando de acordo com aquilo que o utilizador precisa em determinado momento e a espacialidade altera-se tendo em conta o ponto de vista que se tem nesse momento. Vão-se descobrindo novos espaços e novas formas de habitar, existindo um forte contacto entre a construção e a natureza.⁸



Figura 1. Wooden House, Sou Fujimoto

3.2 Palha

A palha deriva de algumas gramíneas desidratadas. Pode ser utilizada com diferentes finalidades, afirmando-se como um material de construção renovável, 100% natural e reciclável. Está disponível em vários lugares e é sustentável, pois tem um baixo consumo

⁷ MENDONÇA, Paulo - Habitar sob uma segunda pele: estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados, 2005.

⁸ COELHO, Alexandra – Sou Fujimoto, o Arquitecto que constrói florestas, 2010

de energia necessária para a sua produção, transporte e execução, sendo que no final da sua utilização pode ser retornado para a biosfera.

Na construção, os mais usados são o trigo, a cevada, o centeio ou a aveia. Quando usada em forma de fardos, a palha deve ser bem compactada, pois esta é uma forma de melhorar o comportamento ao fogo.

Sendo um material que respira, o ar interior está constantemente a ser renovado. É de fácil aplicação em termos construtivos, permitindo fazer construções em espaços de tempo bastante curtos. Além disso, é bastante económico, levando a que o custo da habitação seja mais reduzido. No caso de demolição de uma edificação em palha, esta pode ser facilmente separada dos outros materiais e usada como um componente para melhorar as propriedades do solo em jardins ou na agricultura.

Cada vez mais a palha tem sido utilizada em construções, uma vez que garante um bom isolamento térmico e acústico contribuindo também para ambiente interior saudável e confortável.

Existem construções recentes em que os próprios fardos de palha se agrupam e sobrepõem como se fossem tijolos gigantes, sem que seja colocado qualquer suporte entre eles. Muitas vezes os fardos de palha são revestidos a barro ou cal de modo a evitar problemas relacionados com a água e o fogo, o que significa que a aparência externa de uma parede construída com fardos de palha não tem que diferir de uma parede convencional. No entanto, há mesmo casos em que os próprios fardos ficam visíveis, atribuindo um carácter mais orgânico e natural à própria construção.

Um exemplo em que este material se afirma como uma característica fundamental é no projeto dos Aires Mateus, construído em 2010 e localizado na Comporta, onde são recuperadas quatro casas de pescadores formando uma só moradia.

Com vista à recuperação de construções pré existentes, este projeto desenvolve-se a partir das materialidades existentes. Para além da estrutura em madeira, são usados o caniço, a alvenaria e o colmo na cobertura.

A distribuição é feita pela rua, onde a areia se prolonga para o interior, uniformizando os diferentes espaços.⁹

⁹ [s.n.] – Casa na Areia/ Aires Mateus. Março, 2011.



Figura 2. Casa na Comporta, Aires Mateus

3.3 Cortiça

“ (...) O sistema agro-florestal em que o sobreiro se encontra inserido é um sistema estável, sustentável, multifuncional e em equilíbrio com o meio natural. A enorme valia ambiental desse sistema é hoje, unanimemente, reconhecida pela comunidade científica mundial”.¹⁰

A cortiça, vulgarmente conhecida como a casca do sobreiro, além do sector vinícola, tem aplicação nos sectores da construção, do vestuário, do desporto e da indústria automóvel.¹¹

Possui características que as distinguem dos demais materiais por apresentar uma grande leveza, elasticidade e impermeabilidade. Estas capacidades justificam a sua utilização na indústria de rolhas e, além disso e cada vez mais, a sua utilização enquanto isolamento acústico e térmico.

Como exemplo tem-se o Pavilhão de Portugal, projetada para a expo 2000, em Hannover, na Alemanha, pelos arquitetos Souto de Moura e Siza Vieira. Ocupa uma área de 1.375 m² e acolhe concertos, exposições e outros eventos culturais. O seu exterior é revestido com cortiça, o qual oferece uma boa resistência e durabilidade no exterior, para além de ser um bom isolante térmico que atribui uma imagem distinta ao edifício.



Figura 3. Pavilhão de Portugal, Souto Moura e Siza Vieira

3.4 Fibra de Côco

A fibra de côco é um material vegetal natural e renovável. Já utilizado há vários anos enquanto material isolante, apresenta-se nos dias de hoje com uma diversidade de aplicações, sendo um dos produtos que se destaca por ser ecologicamente correto.

É leve, possui alta porosidade e alta retenção de água, o que lhe permite obter as características necessárias para ser um excelente substrato, com um bom enraizamento e um eficiente crescimento das plantas. O substrato de fibra de côco permite também um manuseamento da água adequado, evitando a humidade excessiva e facilitando a atividade fisiológica das raízes.¹²

Quando em forma de manta, pode ser utilizado em zonas de declive acentuado como em taludes de rodovias e ferrovias, ou em superfícies sujeitas à ação de diferentes agentes climáticos, por exemplo em áreas de reflorestamentos e parques urbanos.

A fibra de côco pode ainda fornecer melhores propriedades a materiais poliméricos, sendo uma alternativa ao material sintético como as fibras de vidro.



Figura 4. Fibra de Côco em vaso, placa e manta

3.5 Papel

O papel é um material constituído por elementos fibrosos de origem vegetal que havia sido inventado há cerca de 2000 anos, sendo formado a partir de uma mistura de casca de árvores, cânhamo e farrapos. Nos dias de hoje é originado, maioritariamente, a partir de madeira, podendo no entanto ser confeccionado também a partir de palha, gramíneas, canas, urtigas, juncos.¹³

O arquiteto Shigeru Ban é já reconhecido pelas suas apostas em materiais inovadores, sendo uma referência a estrutura temporária realizada em tubos de papel. Os tubos são

¹² BRITO, Luís Miguel, MOURÃO, Isabel - Características dos substratos para Horticultura: composição e características dos constituintes individuais dos substratos, 2014

¹³ EIRES, Rute – Materiais Não Convencionais para uma Construção Sustentável Utilizando Cânhamo, Pasta de Papel e Cortiça, 2006

unidos por juntas de madeira e assentes em colunas de papel. O pavilhão serve diferentes atividades e eventos.



Figura 5. Pavilhão IE Paper, Shigeru Ban Architects

No entanto, na arquitetura japonesa, já era usado o papel de arroz como material de construção.

Fazia parte das divisórias interiores dos edifícios, nomeadamente nas portas de correr, designadas de fusuma e shoji. Shoji era feito em papel fino esticado, sobre uma armação em treliça, permitindo a passagem de luz. O Fusuma diz respeito à porta de correr, feita com um papel mais grosso e decorado. São apropriados para o clima japonês por este ser relativamente húmido.

Estas divisórias eram utilizadas para economizar espaço no interior da casa, podendo ser facilmente retiradas.

O papel também pode ser trocado sem que se tenha de alterar a estrutura, o que garante ainda mais a flexibilidade a toda a habitação.



Figura 6. Shoji e Fusuma em habitações japonesas

3.6 Vegetação

Para além de todos os materiais apresentados, a vegetação também pode ser encarada como um material construtivo, natural vivo, que vai para além da existência arbitrária dos locais onde se encontra e cresce naturalmente, mas que pode começar a ser intencional, cooperando com a construção.

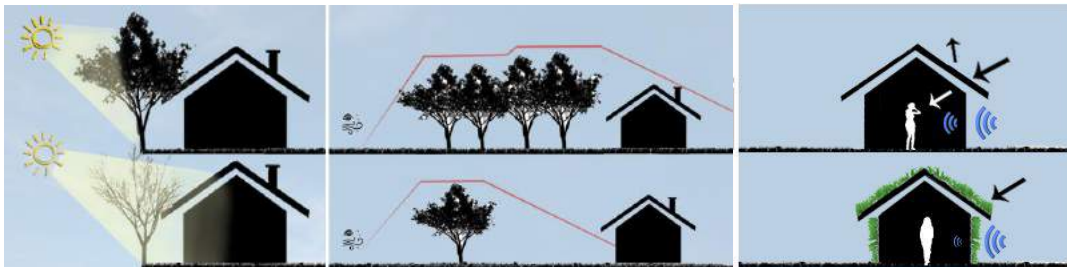


Figura 7. Condicionantes da vegetação na Arquitetura

“Grass and other groundcover planting can also influence the microclimate, keeping ground temperatures lower than most hard surfaces as a result of evapotranspiration and their ability to reduce the impact of solar radiation. Robinette has reported surface temperatures of 38 for grass, compared to 61 for asphalt and compared to 73 for artificial turf. Rizvi and Talib have presented a review of selected plant species for energy conservation.”¹⁴

No contexto de conseguir soluções construtivas mais sustentáveis, a vegetação começa a ganhar força e distinção, pelas suas características, variedade e possibilidade de soluções. Até então, era encarada, na maioria das vezes, como elemento *a posteriori* da construção, e que se relacionava sobretudo visualmente com os espaços, caso esta fosse existente ou não nos locais de implantação. Não havia uma relação direta entre o momento em que se constrói e a inserção deste recurso enquanto elemento construtivo.

¹⁴ Comissão Comunidade Europeia. - *Energy in Architecture: the European Passive Solar Handbook*. London, 1992.

4 A VEGETAÇÃO NA ARQUITETURA

Apesar de não se aproveitar completamente as características intrínsecas ao bom funcionamento da vegetação, a inserção de elementos verdes como material construtivo não é um fenómeno novo.

O seu aparecimento na arquitetura havia começado na cobertura de alguns jardins suspensos da Babilónia, supostamente sob agrado da esposa do rei Nabucodonosor II, que tinha saudades da cidade verdejante Media, a sua terra natal. Estes jardins datam de 600 A.C e o seu crescimento era, ainda, horizontal. Na Grécia, os jardins já eram, muitas vezes, zonas de contemplação, sendo que em algumas cidades e mais tarde por toda a Grécia formaram-se pátios onde se plantavam diferentes vegetais. Em Roma, com a distinção dos ricos e dos proprietários, a importância das vilas rurais cresceu, as flores eram recolhidas de todos os locais e as propriedades encontravam-se divididas entre os jardins e as terras de cultivo.¹⁵

No final do século XIX começam a aparecer as primeiras teorias e preocupações ecológicas. O jardim vertical é encarado como uma possível alternativa capaz de atenuar os problemas existentes. A ideia foi-se expandindo surgindo o termo “cidade-Jardim”, onde Ebenezer Howard equaciona a junção entre a cidade e o campo, de forma a combater o crescimento das cidades com poluição.

Uma das referências do séc. XX é a Casa Scheu de Adolf Loos, onde é colocada vegetação numa das fachadas. Com a cobertura do terraço e uso do jardim vertical, Loos procurava a sensação de liberdade.



Figura 8. Casa Scheu, Adolf Loos

¹⁵ Uffelen, 2011 cit SILVA, João - *Coberturas e Fachadas Verdes*, 2012.

Contudo, o termo “jardins verticais” partiu de Patrick Blanc. O que se propõe é a existência de um painel com substrato de nutrientes e uma percentagem de água que permita que as plantas vivam e cresçam sem necessidade de solo.

Em 1988 e 1996 viria a apresentar alguns exemplos com estes fundamentos em vários países.¹⁶ Um dos mais conhecidos é o museu Quai Branly em Paris, o Square Vinet em Bordeaux, ou o edifício Caixa Fórum em Madrid.

Este conceito revolucionou a ideia da vegetação funcionar como trepadeira plantada no solo, passando a existir a opção de “plantação na parede”.

Hoje em dia, já existem em todo o mundo diversos espaços onde foram integradas as designadas fachadas verdes.

No sentido de aproveitar as suas potencialidades, começam a surgir, e cada vez de forma mais entusiasta, soluções em que a pele do edificado é verde, ou seja, onde a vegetação preenche toda a fachada funcionando como acabamento do edificado.

4.1 Fachadas verdes

É notável o crescimento de soluções sustentáveis que acreditam no sistema da fachada verde como um promotor para a melhoria da qualidade tanto dos espaços interiores como exteriores e como uma solução para combater o crescente aumento de energia causado pelo sector da construção.

De facto, uma solução de fachada que inclua a vegetação como pele, permite aumentar a eficiência energética dos edifícios, pois funciona como uma espécie de escudo protetor contra a radiação solar. É capaz de garantir um arrefecimento no verão, oferecendo um sombreamento natural e, por outro lado, funcionar como isolamento térmico no inverno, de acordo com as soluções escolhidas.¹⁷

Para além deste equilíbrio de temperatura, segundo um estudo britânico feito por cientistas das universidades de Birmingham e Lancaster, as fachadas verdes permitem diminuir a poluição até 30% nas grandes cidades, assim como o ruído exterior.¹⁸ Outra das

¹⁶ SILVA, João Ricardo Rodrigues da – Coberturas e Fachadas Verdes, 2012.

¹⁷ Planeta Azul: o portal do ambiente e sustentabilidade – Telhados e Paredes Verdes, 2010.

¹⁸ Correio do Brasil – “Corredores verdes” podem diminuir até 30% da poluição nas grandes metrópoles, 2012.

suas vantagens é a retenção da água da chuva, fazendo diminuir o risco de inundações e a contaminação dos rios e ribeiras pela mistura de resíduos que elas carregam. As fachadas verdes são, ainda, capazes de criar uma estética diferente e única no edificado, no sentido em que as próprias espécies vegetais transformam-se com o passar do tempo e de acordo com as estações. Assim, podemos obter diferentes dimensões, cores e texturas renovando os espaços e criando uma nova dinâmica.

Aliada a esta ideia de diversidade e escolha das espécies a utilizar, existe a possibilidade de se fazer uso a plantas autóctones, de acordo com a sua potencialidade para serem usadas neste tipo de estruturas. Zelar-se-á, assim, pela conservação dos valores de uma região, das espécies lá existentes e a identidade de um espaço.

Contudo, a utilização e valorização da flora autóctone não tem sido suficientemente valorizada nem estudada com vista à integração nestes novos sistemas de jardins verticais.¹⁹ O grande problema será a sua integração pelas condicionantes que a estrutura vertical impõe, afetando o tipo de painel e as possíveis associações de plantas a instalar.

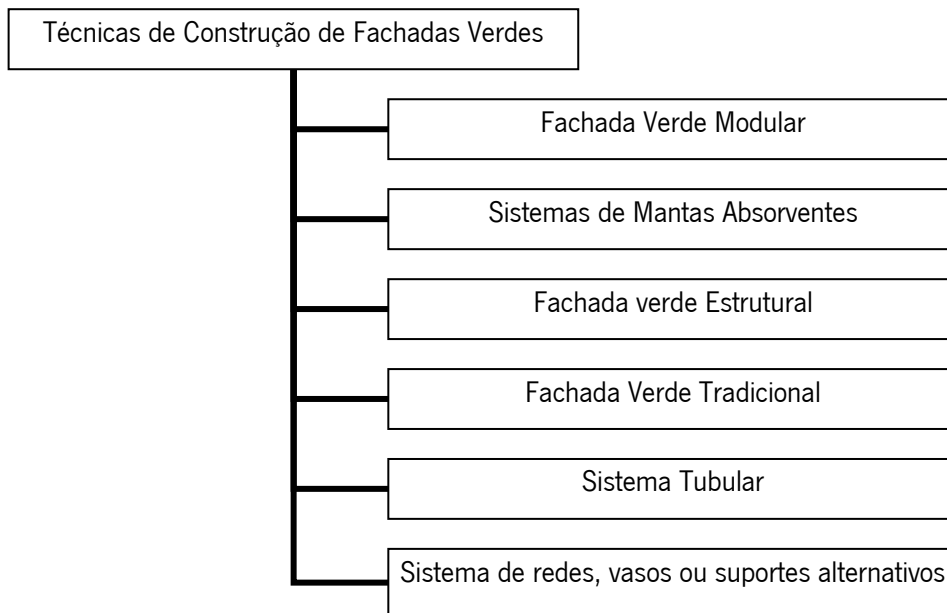
4.2 As Técnicas Construtivas no Sistema de Paredes Verdes

Os materiais usados em cada técnica estão interligados com a solução construtiva escolhida, contudo há aspetos imprescindíveis para a solução funcionar corretamente. A flexibilidade da estrutura de suporte das plantas é bastante importante, uma vez que deve possibilitar o crescimento saudável dos elementos vegetais e garantir acesso à água nutrida proveniente do sistema de rega. A estrutura deverá ter capacidade de suporte de carga de acordo com o ciclo de vida da planta e permitir a absorção e retenção de alguma água para evitar a constante necessidade de irrigação.

Quanto a técnicas específicas para a construção de fachadas verdes, não existe uma definição estabelecida. No entanto começam a aparecer algumas distinções, designadamente: fachada verde modular, fachada verde através do sistema de mantas absorventes, fachada verde estrutural, fachada verde tradicional e ainda as fachadas verdes criadas através de sistema de redes, vasos e suportes alternativos. Esta última técnica poderá não ser propriamente a construção com vegetação enquanto pele no

¹⁹ DELGADO, SILVA, SECO, RIBEIRO – Vegetação autóctone aplicada a painéis de cobertura e fachadas verdes de edifícios urbanos - "Projecto Geogreen", Faro. P. 238-340

edificado, mas apenas pode ser referente a elementos divisórios ou de armazenamento de espécies vegetativas, variando de acordo com o nível de desenvolvimento da estrutura.



4.2.1 Fachada Verde Modular

A principal característica deste sistema reside na pré-fabricação de painéis modulares. Existe uma grande variedade de peças com diferentes medidas, o que permite executar formas complexas de acordo com a solução pretendida. Os módulos são instalados com as plantas já colocadas nos respectivos locais onde irão ficar após a conclusão da instalação.

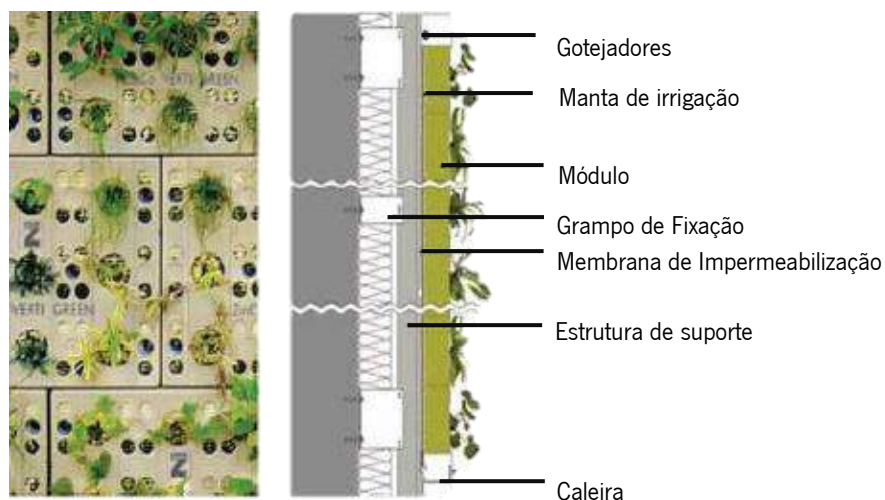


Figura 9. Pormenor Construtivo de Fachada Verde Modular

A plantação neste sistema é simples: o substrato é compactado dentro das células dos painéis e as espécies são plantadas, enquanto o painel permanece em posição horizontal. O sistema de irrigação faz-se entre os painéis e a água é escoada através de toda a fachada, sendo recolhida na parte inferior. O jardim vertical no Museu Quai Branly em Paris, de Patrick Blanc, que se pode ver na Figura 10 é um exemplo deste sistema modular com mais de quinze mil espécies.



Figura 10. Museu Quai brandley de Patrick Blanc, Paris

4.2.2 Fachada Verde através do Sistema de Mantas Absorventes

Este sistema é semelhante ao sistema modular, sendo que a distinção encontra-se no suporte das plantas. Este é composto por uma estrutura modular e por uma membrana de impermeabilização. Na parte superior são colocadas duas mantas através de um sistema de agrafos sendo que na superior são feitos recortes que serão as designadas “bolsas” onde se colocarão as plantas. O sistema de rega é instalado posteriormente.



Figura 11. Bolsas efetuadas nas mantas absorventes nas Natura Towers, Portugal.

4.2.3 Fachada Verde Estrutural

A fachada verde estrutural significa ter vegetação desde o início do processo criativo, considerando desde logo o posicionamento do substrato, a irrigação e o acesso para manutenção. Há uma relação de dependência entre a solução arquitetural e este sistema, pois ambos se completam.

Um exemplo é a construção Banca Catalana, em Barcelona, atualmente designado de Planeta, projetado pelos arquitetos Tous e Fargas e pelo botânico Jordi Aguilar.



Figura 12. Edifício Planeta, em Barcelona

Neste caso, a vegetação é colocada numa espécie de vasos ou floreiras, em aço, que percorrem todo o edifício. É criado um afastamento, entre o limite exterior da parede e a vegetação, por um corredor de 65cm.

4.2.4 Fachada Verde tradicional

O sistema designado de "tradicional" é o mais económico sistema de fachada verde e consiste na plantação no solo de elementos vegetais que, através de mecanismos naturais de adesão ou de ancoragem, permite-lhes ser fixado diretamente sobre as paredes, sem precisar de apoio especial. Tem a particularidade de surgir *a posteriori* da construção do edificado e normalmente são criados de forma intuitiva.

Contudo, começam a surgir casos em que este mecanismo é delineado e planeado, desde o local de plantação até ao local que se pretende que seja ocupado pela vegetação. Se assim for, terão de ser adicionados elementos que se fixem nos locais exatos onde irá ter vegetação de modo a que a sua fixação seja controlada.

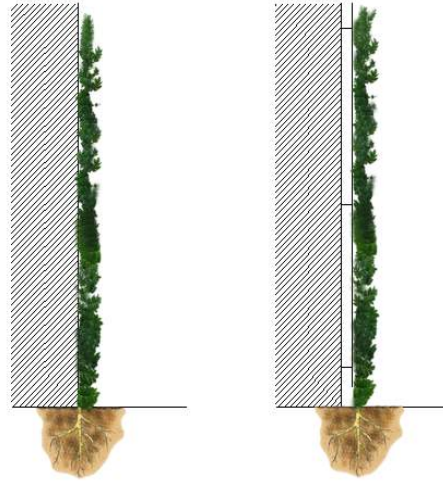


Figura 13. Sistema tradicional por auto -fixação e sistema tradicional por sistema independente

Um exemplo deste tipo de técnica é o projeto de Duncan Lewis, West School Complex. Neste projeto a fachada é tratada com vegetação possuindo um papel fulcral no ajuste climático. A luz é controlada no interior através da vegetação existente, associando o ritmo das estações aos próprios espaços internos. As folhas de ameixoira vermelha encostada à fachada transmitem a sua coloração avermelhada para o interior.



Figura 14. . West School Complex (1997), Duncan Lewis

4.2.5 Sistema tubular

O sistema tubular apareceu primeiramente em Nova Iorque.

Trata-se de um sistema totalmente pré-fabricado, uma vez que é instalado, por exemplo, em vedações e postes que servem de suporte estrutural. Este é envolvido por uma camada de manta absorvente que também suporta o substrato onde estão contidas as plantas. O tubo de substrato é fixado ao suporte estrutural através de cabos de ligação e, no seu centro, há um núcleo composto por materiais absorventes que permitem o abastecimento da água. O excesso escoar-se para a base onde se encontram acessórios que suportam todo o sistema e drenam a água proveniente do escoamento.²⁰

Como exemplo, existe o Jardim Urbano no Aeroporto Internacional O'Hare, em Chicago.



Figura 15. Jardim Urbano no Aeroporto Internacional O'Hare, em Chicago

No principal aeroporto de Chicago são cultivadas ervas frescas que podem ser servidas nos pratos escolhidos pelos viajantes. Este aeroporto possui uma horta orgânica com mais de mil plantas de várias espécies distintas, entre elas o manjeriço, o cebolinho, coentros, sálvia, tomilho, orégãos, entre outras.²¹

Neste aeroporto, para além de se estarem a produzir alimentos saudáveis e sustentáveis, causa-se um impacto positivo a quem lá passa, transmitindo frescura e vivacidade ao espaço.

Neste caso, as sementes são germinadas em pequenos cubos, sendo transplantadas para torres circulares de PVC somente quando as plantas se encontram maduras.

²⁰ SILVA, João - *Coberturas e Fachadas Verdes*, 2012.

²¹ Ecotelhado - *Horta Orgânica no Aeroporto de Chicago*. Novembro de 2013.

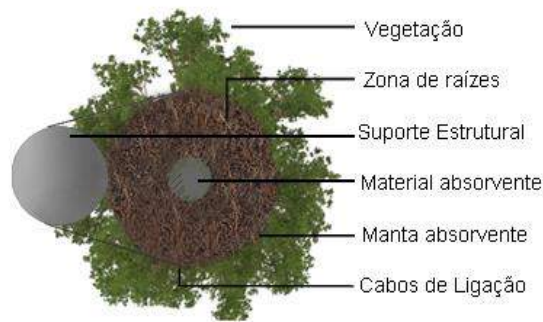


Figura 16. Pormenor Construtivo de sistema tubular

4.2.6 Fachada Verde através de um sistema de redes, vasos e suportes alternativos

Este sistema é abrangente e variado e inclui tanto as estruturas mais simples como as mais complexas. As mais simples podem ser executadas por qualquer pessoa em casa sem formação específica na área, quando se trata por exemplo de vasos ou suportes de pequena dimensão. O essencial é garantir o funcionamento de todo o sistema, desde o processo de conceção da estrutura, até ao sistema de irrigação. A vegetação está incluída desde a fase de conceção do projeto e é ela o motivo de criação do mesmo.

O processo de reutilização de garrafas do arquiteto Marcelo Rosenbaum insere-se neste sistema, como uma estrutura mais simples.



Figura 17. Reutilização de Garrafas, Marcelo Rosenbaum

Também o projeto “ Entre o ar” no pavilhão espanhol na Bienal de Veneza 2012 insere-se nesta tipologia.

Neste projeto, os arquitetos José Selgas e Lúcia Cano, em conjunto com o biólogo José Selga e o engenheiro agrónomo Juan Laureano criaram uma estrutura como parte do pavilhão de Espanha na Bienal 2012 arquitetura em Veneza, ao qual chamaram “entre o ar”.

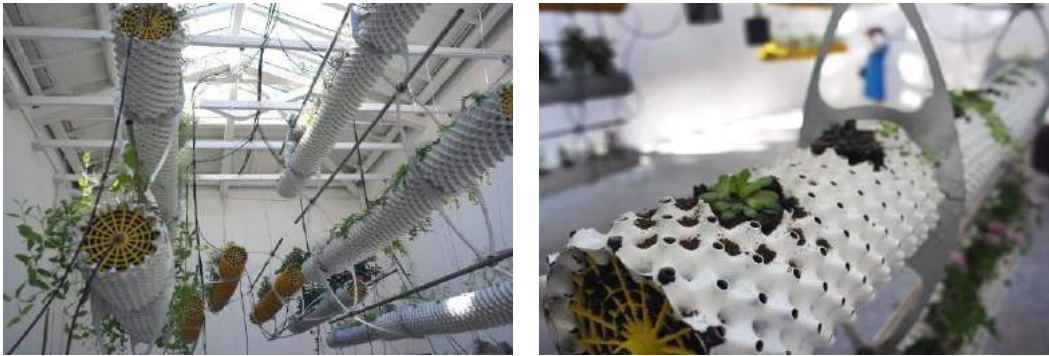


Figura 18. Projeto “Entre o ar”, José Selgas e Lúcia Cano

Este projeto visava resolver problemas espaciais e de escassez de rendimentos e, por isso explora uma visão renovada da natureza ligando-a à tecnologia. A instalação consiste em formas cilíndricas porosas, feitas em plástico reciclado, que se encontram suspensas. Através das aberturas obtém-se luz no sistema radicular. Quando estas raízes chegam ao ar livre secam, pelo que é feita uma poda que permite que o crescimento seja radial ao invés de linear. O método hidropónico de trazer nutrientes para as plantas elimina a necessidade de manutenção do solo, aumentando o rendimento dos vegetais com menores custos.

Os diversos suportes suspensos a partir do teto são ligados por chapas de aço, com um mecanismo que permite o movimento de forma a controlar a luz solar e o calor, necessárias à vida das diferentes espécies.

Já no projeto Eco-Boulevard, em Madrid, toda a estrutura se complexifica e o uso da vegetação surge um pouco distinto. É proposta uma estrutura com árvores de ar revitalizante que permite arrefecer a temperatura local e substituir a função das copas das árvores plantadas, enquanto estas não adquiram um tamanho significativo. Não se trata só de proporcionar um bom ambiente no interior destas estruturas, mas controlar toda a temperatura do ar nas proximidades. Esta solução resolveria, certamente, muitos problemas dos grandes centros urbanos onde o edificado ganha uma grande massa e as zonas verdes são quase inexistentes.

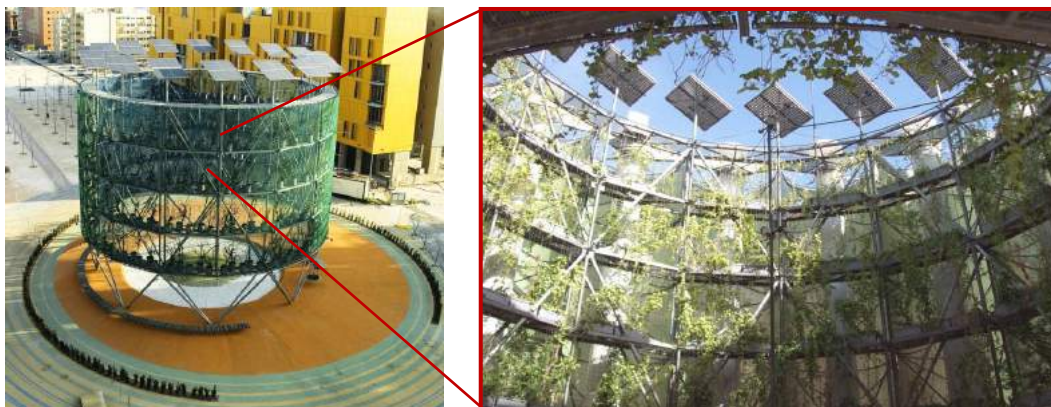


Figura 19. Eco- Boulevard, em Madrid

4.3 Sistemas de irrigação em paredes verdes

Nas paredes verdes, a água é um elemento fundamental para a sobrevivência das plantas, pois através dela também são conduzidos os nutrientes necessários.

Quando se trata do sistema tradicional, onde a raiz se encontra no solo junto à fachada, a rega pode ser manual junto ao pé da planta como nos jardins convencionais, ou então por um sistema de rega por gotejamento automático.

Quando os sistemas de jardins verticais são mais avançados, existem outras formas de abastecimento apropriadas para cada caso.

4.3.1 Sistema de rega para paredes pré – fabricadas

Para paredes pré fabricadas, a montagem e funcionamento do sistema é pensado antes da chegada ao local. Normalmente o sistema de rega é por gotejamento, ou seja, a água é libertada na parte superior da parede e encaminhada por tubos onde por gravidade chega à parte inferior. É separada através de pequenos orifícios que encaminham para os diferentes compartimentos da parede, de acordo com o sistema e o suporte das plantas.

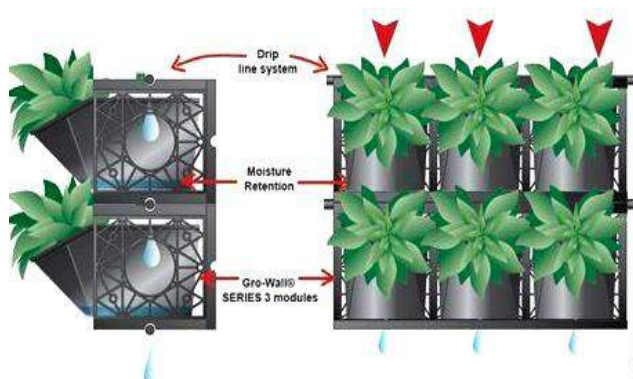


Figura 20. Sistema de rega por gotejamento.

4.3.2 Sistema de rega produzida *in situ*

Este é um sistema mais complexo, onde a estrutura do sistema não se encontra à vista, estando envolvida nas camadas de filtro ou outras.

O substrato é molhado de forma uniforme, devendo permanecer ainda húmido até a próxima sequência de abastecimento de água.



Figura 21. Sistema de Rega produzido *in situ*

4.3.3 Sistema por vaporização

Há ainda sistemas em que a água das chuvas é aproveitada e tratada e distribuída na rega das plantas através de uma névoa que as cobre. Os tubos encontram-se pela parte exterior e fazem a distribuição de água e nutrientes.



Figura 22. Sistema por vaporização no Edifício Harmonia 57, em São Paulo

4.3.4 Sistema de Integração Ecoesgoto

Este sistema foi criado por uma empresa brasileira com o objetivo de reaproveitar as águas provenientes de descargas sanitárias bem como restos de alimentos para o uso na irrigação de jardins, coberturas e paredes verdes. No fundo este sistema trata todos os resíduos orgânicos do edifício.

O tratamento dos resíduos orgânicos integra-se no próprio sistema, onde a água é tratada por um filtro biológico e utilizada para regar coberturas ajardinadas e jardins verticais, fazendo-se também a captação e a reutilização da água da chuva.

Não são usados produtos químicos e a manutenção é reduzida. Uma vez que o processo se desenvolve por meio de uma cobertura e fachada verdes, é criada uma barreira contra o frio e calor, gerando economia em sistemas de condicionamento.

Nos EUA e na Europa este sistema é uma alternativa sustentável para descentralizar o tratamento de esgoto e reaproveitar a água em caso de catástrofe. Já no Brasil e em outros países da América Latina, África e Ásia, a tecnologia pretende resolver problemas de saneamento básico, ainda tão presentes.

Esta ideia surgiu da necessidade de promover uma solução sustentável para a irrigação de coberturas e paredes verdes, sem que se consumisse muita água e, para além disso, com este sistema a água é rica em microorganismos, essenciais para a vida das plantas.²²

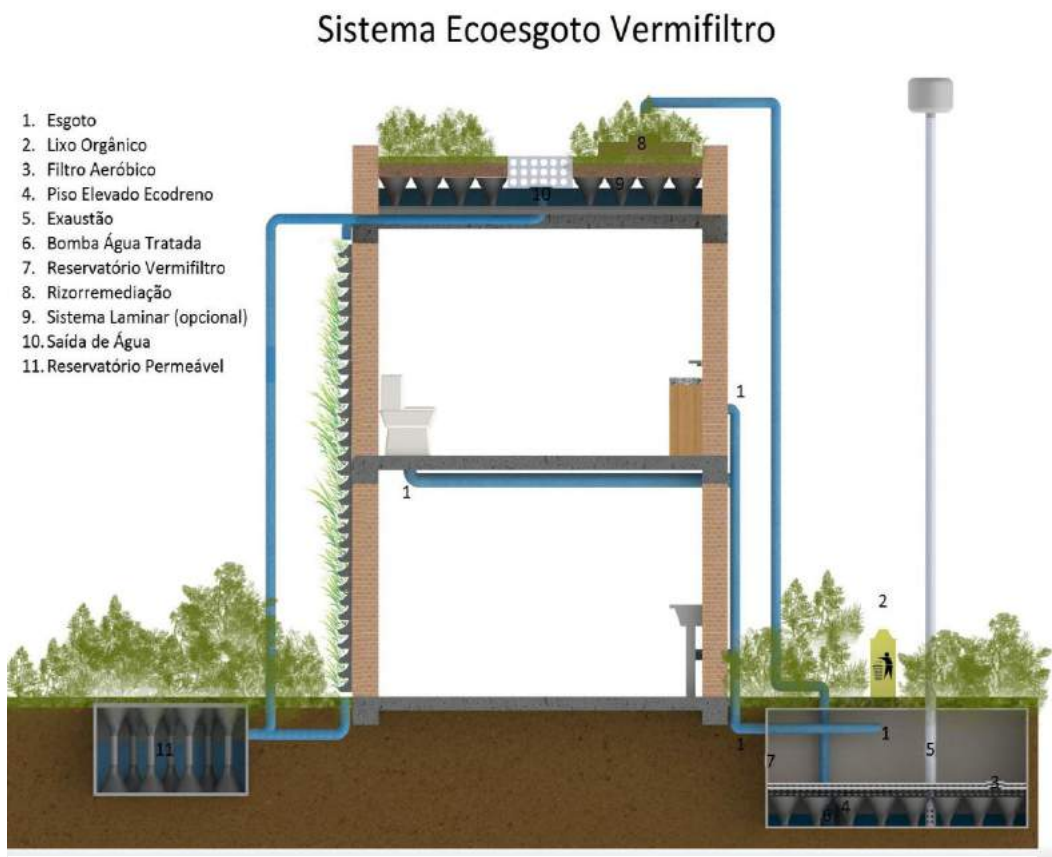


Figura 23. Sistema Ecoesgoto

²² Ecotelhado – *Sistema Integrado Ecoesgoto*, [s.d]

4.4 Crítica comparativa entre as diferentes técnicas

Apesar de não haver ainda um estudo aprofundado que esclareça exatamente as particularidades de cada técnica, já se consegue chegar a uma distinção entre elas e ao seu modo de funcionamento. Assim, temos soluções que se aproximam mais da própria arquitetura, no sentido que são pensadas e idealizadas no momento de conceção do próprio projeto (por exemplo o sistema estrutural) e encontramos outras que podem ser colocadas posteriormente, intuitivamente ou não, mas que se integram com o já existente (sistema tradicional).

Apesar das já conhecidas vantagens que a vegetação acarreta e das suas características condicionadoras para um bom ambiente no interior e exterior do edifício, os sistemas existentes ainda são alvo de desconfianças e críticas quanto ao seu funcionamento e boa operacionalidade.

Uma delas está ligada à questão do dimensionamento e da espessura que, na arquitetura, é bastante relevante, já que interfere com questões de área e organização dos espaços, muitas vezes bastante restritos. O facto de requerer materiais mais específicos incluindo sistemas de impermeabilização e de rega, não equacionado na maioria dos sistemas tradicionais, leva a que as dimensões destas novas soluções sejam superiores, sendo muitas vezes um impedimento para a sua escolha. No entanto, o facto da espessura da parede exterior ser maior, criaria uma barreira superior entre o limite externo e interno, resolvendo problemas relacionados com a térmica e acústica dos edifícios.

Quando analisamos especificamente os diferentes sistemas de fachada verde temos a percepção que ainda muitas questões poderão ser levantadas.

O sistema de fachada verde estrutural está limitado a uma única solução de fachada, ou seja, esta teria de ser desde logo idealizada para ter uma série de espécies vegetais como solução construtiva que ajudam a dar resposta às condições que uma parede deve ter. Neste sistema, podendo funcionar através de floreiras ou vasos, a rega seria possivelmente manual e mais afastada do limite interno do edificado. Contudo, quem garantia que esses mesmos elementos vegetais seriam eficazes ao longo da vida útil do edifício? De que forma é que a qualidade do ambiente interior seria alterada se posteriormente a manutenção destes elementos vegetais não funcionasse ou não

existisse? Essa parede deixaria de executar as suas funções enquanto barreira e o estado do edifício ficaria em risco?

Sistema de Fachada Verde (FV)	Plantas (maioritariamente) Seleccionadas	Altura máx. da Parede	Sistema de Rega	Manutenção
FV. Modular Ex: Museu Quai Brandley	Arbustos	Ilimitada	Gotejamento	Poda ou substituição
FV. Mantas Absorventes Ex: Natura Towers	Arbustos	Ilimitada	Gotejamento	Poda ou substituição
Estrutural Ex: Edifício Planeta	Arbustos/ trepadeiras*	Ilimitada	Natural Gotejo	Poda
Traditional Ex : West School Complex	Trepadeiras	30m	Natural	Poda
Tubular Ex: Jardim no Aeroporto Internacional O'Hare	Trepadeiras	Ilimitada	Gotejamento	Poda ou substituição
Redes, Vasos ou Suportes alternativos Ex: Eco- Boulevard	Arbustos	Ilimitada	Gotejamento Natural*	Poda ou substituição*

Tabela 1. Comparação dos Sistemas de Fachada Verde

Os dados fazem referência a uma conclusão dos diferentes sistemas estudados e às soluções maioritariamente seleccionadas.

* Pode variar de acordo com o sistema escolhido.

Pelo contrário, o sistema tradicional e o modular partem da vantagem dos elementos estruturais poderem ser removidos ou substituídos, criando uma independência entre a espécie vegetal e o edificado, ainda que próximos. Isto facilitaria a alteração em caso de anomalias em locais pontuais, ou até mesmo, a transformação completa do sistema de fachada verde, por exemplo para a adoção de solução convencional.

O inconveniente destes sistemas, principalmente o modular, é que surge a necessidade de um sistema de rega que terá de funcionar de forma autónoma entre os módulos junto à estrutura da parede. Por vezes, torna-se um fator de risco no sentido que poderá criar condensações na parede e consequentemente levar a transferências de humidade para o interior, quando mal impermeabilizado.

Outra das preocupações para quem aposta em soluções de paredes com vegetação é o crescimento das raízes e das plantas que fazem parte do sistema. O facto de receberem água e nutrientes pode tornar-se prejudicial, quando não controlado, levando a um aumento de volume e consequentemente maior peso na estrutura. Isto traz efeitos não só

relacionados com a eficiência térmica do edifício, mas também com a sua própria estrutura e segurança.

O risco de incêndio também é um dos problemas debatidos e que dizem respeito aos diferentes sistemas de fachadas verdes. Não há garantias de que as espécies não possam secar quando o tratamento e conservação não são bem equacionados. Além disso, podendo estar inseridas tanto em paredes interiores como exteriores, estão mais sujeitas a mudanças de temperatura e condições adversas podendo fazer com que o aspeto de toda a fachada seja destruído ou completamente alterado. Um projeto que possua vegetação nas suas paredes não poderá estar restrito sempre à mesma imagem pois, tratando-se de espécies vivas, o seu comportamento não poderá ser controlado na totalidade, havendo alterações de cor, dimensão e até mesmo da folhagem.

Outra das questões subjacentes às paredes verdes é a densidade da vegetação e o que isso provoca nos locais onde se pretende inserir. Deve haver um cuidado na perceção do que será esse espaço com os resíduos que as diferentes espécies criam e como as ruas e os lugares podem controlar esses inconvenientes.

Todas estas técnicas dizem respeito a soluções recentes e inovadoras do ponto de vista sustentável, necessitando de mão-de-obra especializada, o que requer consequentemente mais custos para a construção destas estruturas. Além disso terão de ser adicionados os custos de manutenção da vegetação para que todo o sistema funcione conforme o previsto.

5 O USO DE MATERIAIS VEGETAIS NA CONSTRUÇÃO: EXEMPLOS INTERNACIONAIS

5.1 Arquitetura Vernacular

Quando se faz referência a arquitetura vernacular, salienta-se com particularidade a construção voltada aos saberes ancestrais, com recurso a materiais locais e inteiramente ligada às necessidades de determinada região. Neste sentido, a forma de construir reflete muito o ponto de vista ambiental, cultural e histórico do tempo em que foi construído. Far-se-á referência a dois tipos de habitações antigas que fizeram recurso à vegetação, enquanto elemento que protege e melhora a construção.

5.1.1 Islândia

Embora a preocupação ambiental seja um tema relativamente recente, ao longo da história foram aparecendo exemplos que combatiam as fortes adversidades climáticas de uma forma pensada, original e sem danificar o ambiente. É o caso destas habitações com coberturas vegetais, conhecidas já desde o séc. IX, que existiam em diferentes países, mas que perduraram na Islândia com maior destaque.

Contrariamente ao que acontecia noutros países, estas casas não eram só construídas para populações economicamente desfavorecidas, mas podiam ser construídas para qualquer grupo social.²³



Figura 24. Edifícios Glaumbaer, na Islândia

²³ ARCHITECT: *A History of Icelandic Turf Houses*, 2015

Como se vê na Figura 24, os edifícios em Glaumbaer são revestidos não só na cobertura como também nas paredes, deixando as casas praticamente camufladas na paisagem. As casas são construídas em madeira, separadas entre si e isoladas por paredes espessas em relva, sendo por vezes utilizada a pedra para dar maior firmeza e pela madeira se tornar um material escasso devido ao clima. O relvado consegue adquirir bastante espessura e, como a precipitação nestas zonas é moderada, estas construções podem durar um século. Têm sempre em consideração a inclinação da cobertura, de forma a não ser muito íngreme nem muito plana para que a vegetação cresça naturalmente e seja irrigada com a água necessária, sem que o solo fique demasiado saturado.

Uma das grandes vantagens da construção destas habitações é a sua forte capacidade isoladora, permitida pela vegetação que retém o calor e que garante uma temperatura uniforme no interior destes edifícios. Além disso, tudo isto é feito por um material natural, sem danificar o ambiente e permitindo uma ligação forte entre o construído e a natureza circundante.

Hoje em dia muitas destas casas encontram-se desabitadas, contudo começam a aparecer alguns arquitetos que pretendem ligar as técnicas antigas em materiais naturais com os saberes da arquitetura moderna, permitindo assim um aperfeiçoamento das técnicas usando materiais mais ecológicos.

5.1.2 Escócia

As black house são pequenas casas tradicionais de pedra que se encontram nas Terras Altas e Ilhas de Escócia.

A origem da designação de black house não é consensual. Por um lado pensa-se que terá surgido pelo termo “preto” funcionar como uma separação entre as casas antigas e as que surgiram posteriormente, as “brancas”. Por outro lado, a palavra “preto” em gaélico é muito semelhante com a palavra gaélica “palha” o que poderá ter originado esta discrepância entre os nomes.

Foram casas construídas para a criação de gado e também para pessoas, vivendo os dois em extremidades opostas com uma divisória entre eles.

Em termos construtivos, são formadas por parede dupla de pedra seca, com vigas de madeira e cobertas com palha de relva ou palha de cereais. O chão era em terra batida ou em tijolo e no centro existia uma lareira.²⁴



Figura 25. Black house, na Escócia

5.2 Arquitetura Contemporânea

5.2.1 Green Box, Rhaetian Alpes

A Green box ou caixa verde trata-se de uma garagem abandonada que deu origem a um pavilhão. Foi modificada pelos arquitetos italianos ACT Romegiall, tornando-se num espaço para ferramentas de jardinagem, área de cozinhar ou espaço de convívio e está integrada numa propriedade de casa de férias na Rhaetian Alpes. A estrutura que envolve o edifício em aço galvanizado serve de suporte para a própria vegetação que se apodera e cobre todo o pavilhão camuflando-o na paisagem. Os materiais usados são ásperos e simples, suportando mais a ideia de refúgio que se esconde na envolvente e permite ainda assim ter uma vista privilegiada sobre as mudanças de estação e as alterações no jardim. O interior é retratado assim pelo que acontece no exterior, garantindo aos espaços identidades distintas.



Figura 26. Green Box, Rhaetian Alpes

²⁴ Photos Albums - *Traditional homes around the world Album*, [s.d]

5.2.2 O House, Vietnam

Trata-se de uma casa de campo, localizada no Vietname, projetada pelo Wangstudio e que vive muito da luz natural e do jardim que se integra numa das fachadas desta habitação. Localizado nas traseiras, este elemento oferece uma paisagem verde ao edifício além de também fornecer legumes de apoio às refeições.

Nos quartos funciona como “cerca” que protege do ruído e das fortes radiações solares, e ao mesmo tempo evita a aproximação de poeiras.

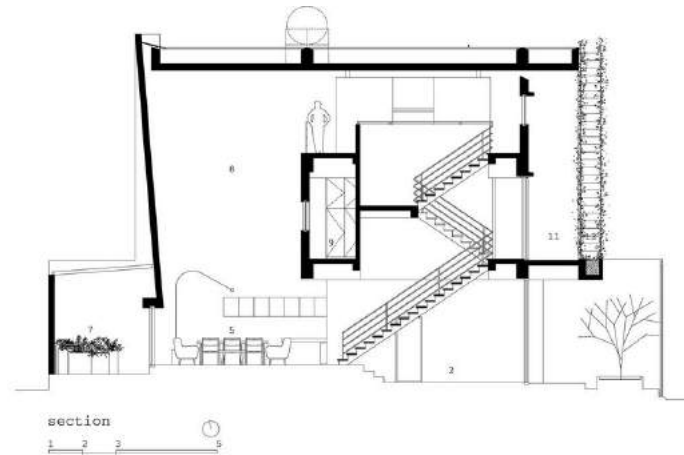


Figura 27. Secção de O House, Wangstudio



Figura 28. O House, de Wangstudio no Vietname

5.2.3 Malator, País de Gales

Malator é uma casa situada no País de Gales, envolvida por terra e vegetação, construída em 1998 pelos arquitectos Future Systems.

O projeto é bastante simples, os espaços interiores são libertados e divididos por ambientes. No centro existe uma lareira reinovando os antepassados e querendo criar esta semelhança entre o primitivo e o futurista. Possui uma parede elíptica que expande o olhar sobre o mar, como se fosse um foco sobre o mesmo. O espaço interior dissolve-se com o exterior tornando os limites indefinidos.



Figura 29. Malator, Future Systems

5.2.4 Fachadas Bio-reactivas, Alemanha

Trata-se de um edifício na Alemanha, projetado pelo *atelier Splitterwerk Architects* (projeto de arquitetura) e pela multinacional de consultoria de engenharia, *Arup* que usa microalgas como principal fonte de energia e que espera um impacto quase nulo.

Recorre a fachadas envidraçadas bio reativas e, para isso, são integrados painéis com microalgas marinhas nas fachadas. Estas são alimentadas por nutrientes líquidos e por dióxido de carbono através de um circuito que está instalado na fachada. A luz solar permite que as plantas se multipliquem fazendo com que, nos meses mais quentes, as plantas cresçam mais e conseqüentemente a opacidade dos painéis seja superior. Trata-se de uma forma de controlar o sombreamento do edifício.

Quando o ecossistema atinge um determinado nível de desenvolvimento, algumas microalgas são recolhidas e convertidas em biogás, para a alimentação energética do edifício. Estes painéis bio reatores foram utilizados, numa fase inicial, em duas fachadas orientadas a sul e sabe-se que a microalga é capaz de produzir cinco vezes mais biomassa por hectare do que plantas terrestres.



Figura 30. Construção de Fachadas Bio- Reativas



Figura 31. Projeto desenvolvido através da utilização de microalgas

5.2.5 Rong Bao Zhai Livraria, Pequim

É um projeto de 2015 dos Archstudio situado em Pequim, na China.

Originalmente o espaço era uma loja de livros e de pintura chinesa com dois andares. De forma a renovar o conceito de livraria/ biblioteca tradicional, o que se propõe é um café livraria que proporcionará distintas sensações neste novo espaço.

É proporcionada a comunicação entre pessoas, o contacto com os livros e a aproximação da natureza, que entra no espaço, permitindo um ambiente relaxante e confortável. As prateleiras são leves e de aço, transparecendo a luz necessária para a leitura e para as plantas. Estas estão presentes em caixas também nas prateleiras e ao mesmo tempo podem ajudar no microclima interior deste lugar. As espécies escolhidas foram a malva-de-cheiro (*Pelargonium odoratissimum*) e a hortelã que foram colocadas junto ao café e em frente a janelas.



Figura 32. Rong Bao Zhai Livraria, China

6 O USO DOS MATERIAIS VEGETAIS NA CONSTRUÇÃO: EXEMPLOS EM PORTUGAL

6.1 Arquitetura Vernacular

Em Portugal, as construções primitivas para habitação permanente com materiais vegetais compreendem três tipos diferentes²⁵:

- Construções com parede de pedra e cobertura com materiais vegetais;
- Construções com cobertura-parede em materiais vegetais;
- Construções totalmente em materiais vegetais.

No primeiro caso, as construções poderiam apresentar planta circular, com paredes em adobe ou pedra e cobertura cônica com materiais vegetais. Um exemplo desta tipologia eram os castros ou citânias (Figura 33). A planta circular evoluirá para quadrangular. Quando a planta é retangular, já começam a existir melhores condições de habitabilidade, uma vez que também se conseguem dimensões superiores.



Figura 33. Habitação primitiva de pedra e materiais vegetais, de forma cilindro-cônica: Cabana de dois pisos em Abrunhosa, Mangualde



Figura 34. Habitação primitiva de pedra e materiais vegetais, de planta retangular: Choupana de cobertura de duas águas em Prime, Viseu

No segundo caso, a planta poderá ser circular (cônica) ou retangular e a cobertura prolonga-se até ao chão, fazendo referencia aos abrigos que o homem construía no paleolítico. Também é comum aparecerem construções desta tipologia de duas águas com empenas, de planta quadrangular.

²⁵ MASTRANGELO, N., FRANCESE D., MENDONÇA, P., AMORIM, F. - Bioclimatic Performances of Traditional Construction in Straw, in Italy and in Portugal. 2016



Figura 35. Habitação primitiva do tipo cobertura-parede em materiais vegetais de planta circular: Choça em Beirã, Marvão

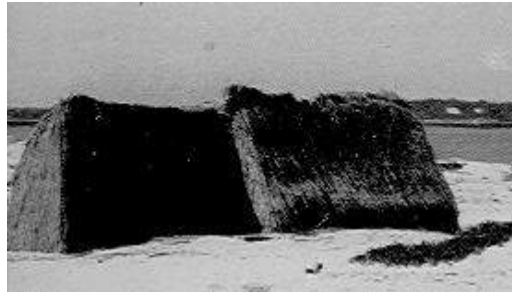


Figura 36. Habitação primitiva do tipo cobertura-parede em materiais vegetais de planta retangular: Cabanas na Ilha de Armona, Fuzeta

Aparecem mais no litoral, relacionadas com a pesca no Alentejo litoral, no algarve, ou no ribatejo, podendo também ser encontradas ligadas à atividade agrícola no interior, na beira alta. Um exemplo desta tipologia são as casas em Santana, na Madeira.

6.1.1 Casas em Santana, Madeira

As casas típicas de Santana, na Madeira, são outro exemplo onde foram empregues materiais naturais na construção tradicional. As coberturas em colmo foram a opção da maioria da população até há cerca de 60 anos, nomeadamente daqueles que possuíam menos recursos económicos.

Para além do colmo, eram utilizados outros materiais naturais como o vime e as varas e a madeira, por serem de fácil aquisição. Os vimes são usados para prender as varas que comprimem o colmo às ripas da base. As varas são usadas entre as várias camadas do colmo para compactar a cobertura.

6.1.1.1 Tipologia:

Havia três tipologias de habitação: as casas de empena ou de fio, onde as vigas apoiam diretamente no chão, as de meio-fio que são uma evolução das primeiras onde a cobertura de três águas fica a 60 cm do solo, e as de quatro águas, designadas de casas redondas pela forma da sua cobertura.

Normalmente eram casas que possuíam um piso térreo habitacional e um sótão onde eram guardados os produtos agrícolas. Algumas casas ainda possuíam uma cave, dependendo da inclinação do terreno, vulgarmente designada de loja, que poderia ser utilizado também como arrecadação ou quartos. A cozinha era uma construção à parte, também com cobertura em colmo e onde se realizavam outras tarefas para além do

cozinhar, como o bordar, fiar, coser roupa. Existiam também construções semelhantes, designadas de palheiros, onde se costumava guardar o gado.



Figura 37. Casas de Empena ou de Fio, Madeira



Figura 38. Casa redonda, típica de São Jorge



Figura 39. Casas de Meio Fio, Madeira



Figura 40. Aproximação a cobertura de casa de Meio Fio

Estas construções seriam, então, resultantes de construções primitivas que, pela falta de pedra na região, foram construídas em madeira e colmo. A madeira seria abundante na altura e pouco dispendiosa e o cultivo de cereais era útil na produção de farinha e abastecimento da população. Ao mesmo tempo, os cereais permitiam o aproveitamento da palha (colmo) para a cobertura das habitações que garantiam a sua estanquidade dada a forte inclinação que possuíam o que favorecia o escoamento das águas.²⁶

Teriam controlado a adaptação às estações do ano com estes materiais uma vez que se mantinham frescas no Verão e quentes no Inverno.

As casas de colmo necessitam de uma manutenção mais cuidada e regular. Dependendo das condições climáticas deverá ser feita uma substituição de 5 em 5 anos do colmo que se apresente mais danificado. Normalmente a mudança não se dá na integral, não só

²⁶ Santana Madeira Biosfera - *Casas de Colmo*, [s.d.].

pelos custos, mas porque o colmo se for substituído eficientemente e de forma cuidada não se deteriorará.

6.1.2 - Casas na Carrasqueira, Alcácer do Sal

Por fim, as construções com cobertura e parede diferenciadas em materiais vegetais apresentam uma planta circular ou retangular. Um exemplo são os curveiros, representados na Figura 41. A planta retangular neste tipo aparece em zonas litorais para habitação, entre o Norte de Espinho e o Sul da Praia de Vieira de Leiria inicialmente, tendo-se estendido posteriormente até ao Algarve, Alentejo interior, Ribatejo e ao estuário do Sado. As Cabanas da Carrasqueira são construções deste tipo localizadas no Estuário do Sado.²⁷

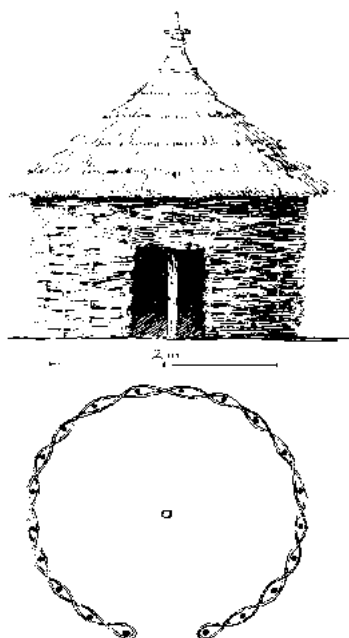


Figura 41. Alçado e planta de habitação primitiva de cobertura e parede diferenciadas em materiais vegetais de forma cilindro-cônica: Curveiro em Vale Chaim, Odemira



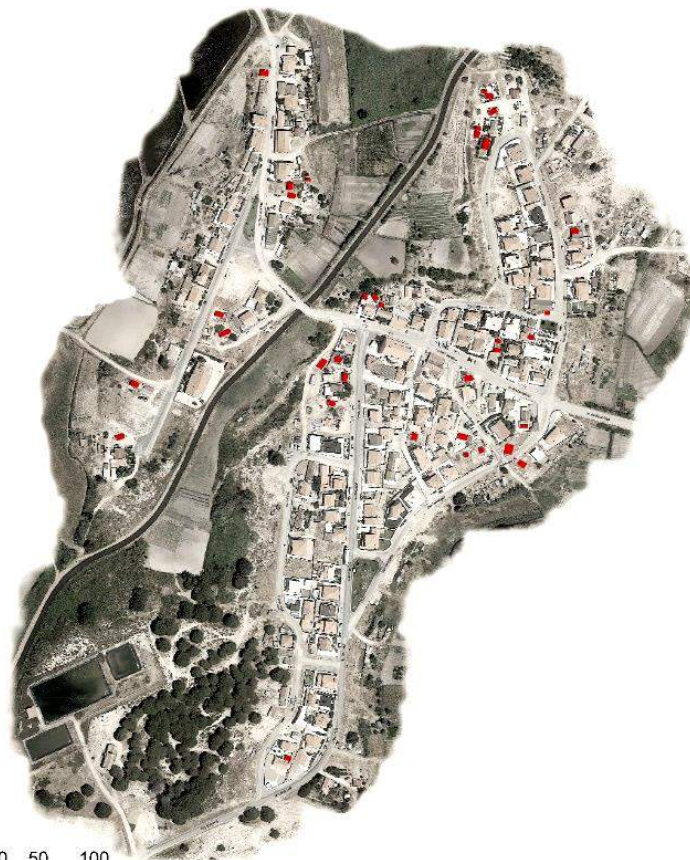
Figura 42. Mapa de Portugal com destaque do distrito de Setúbal, e Alcácer do Sal a vermelho

²⁷ Mendonça P., AMORIM, F. - *Environmental Benefits from the Use of Vegetable Materials in Building Construction: Case Study in the South of Portugal.*, 2016.



0 250 500

Figura 43. Localização da Carrasqueira



0 20 50 100

Figura 44. Mapa da região da Carrasqueira com marcação das cabanas com materiais vegetais

As cabanas da Carrasqueira apresentam uma arquitetura fortemente ligada ao conhecimento tradicional, transmitido através de gerações. Sempre com o cuidado de manter a sua integridade e valores de origem, destaca-se pela forte eficiência e durabilidade no meio em que estão inseridas.

Este tipo de construção está intimamente ligada à escala humana, onde as proporções de todos os elementos são pensadas à medida do habitante, de modo a proporcionar mais comodidade e adaptabilidade no seu dia-a-dia.

6.1.2.1 Implantação

As cabanas da Carrasqueira surgiram há muitas décadas, pela necessidade de construir abrigos para os trabalhadores que ingressavam na herdade da comporta para trabalhar nos arrozais. Estas pessoas fixavam-se durante longos períodos de tempo, sendo que algumas famílias acabaram mesmo por se estabelecer definitivamente nestas terras. Os proprietários dos terrenos permitiram esta fixação, porém com a proibição de serem utilizadas nas suas construções materiais duradouros tal como a pedra ou a taipa. Esta medida garantiu a preservação destas construções durante muito tempo, perdurando uma grande parte até aos dias de hoje.



Figura 45. a) Alçado Este; b) alçado Sul; c) Alçado Oeste; d) Alçado Norte

A localização das cabanas estava, então, intimamente ligada à atividade agrícola e, em simultâneo, aos recursos piscatórios. As pescarias já se haviam iniciado em princípios do século XVI, ainda que em dimensões mais reduzidas.²⁸ Criou-se, por isso, um porto palafítico na Carrasqueira formado por diversos passadiços em madeira, onde as derivações do caminho principal eram construídas por cada família, que atracava aí o seu barco e construía um anexo para o mesmo.

²⁸ VEIGA DE OLIVEIRA, E., GALHANO, F. - *Construções primitivas em Portugal*, 1969

A sua implantação foi pensada de acordo com o local e as características morfológicas do mesmo. O terreno deveria ser plano e com pouca vegetação, protegendo da humidade e da vegetação em excesso. Evitavam as cotas altas de modo a não expor em demasia ao sol e ao vento, além disso as zonas mais baixas eram mais férteis e com mais recursos disponíveis.

Os vãos foram idealizados para captar o sol e promover a ventilação, elementos necessários para manter os materiais vegetais do revestimento livres de qualquer fungo ou apodrecimento.

As cabanas podiam-se encontrar isoladas, em pequenos conjuntos (duas a duas) ou em grandes aglomerados. No primeiro caso, estas construções relacionam-se com a morfologia do local onde estão implantadas. Pelo contrário, as que se encontram já circundadas por construções de alvenaria, em aglomerados, continuam a manter a sua disposição e características e são as novas ruas que se adaptam a elas. A sua relação com a paisagem é ainda assim alterada, bem como a sua relação com o sol, os acessos e os recursos das proximidades. Também a proteção contra os ventos é alterada, bem como a impermeabilização do solo, acelerando a degradação dos elementos vegetais característicos destas habitações.

Quando estavam dispostas em aglomerados, localizavam-se lado a lado, criando um espaço junto às entradas. Quando os aglomerados eram de pequenas dimensões, a disposição era mais irregular formando-se um espaço central entre as cabanas. Por vezes, são criados mesmo complexos de construções com materiais vegetais. Nestes casos, cada volume corresponde a um uso distinto da habitação. Existirá, assim, um volume para o convívio, outro para cozinhar, para dormir e, em alguns casos ainda, outro para abrigo dos animais.

Hoje em dia, já não são visíveis grandes aglomerados, sendo que o que se pode verificar são pequenos conjuntos de no máximo duas ou três cabanas dispersos pelo território.

6.1.2.2 Tipologia da habitação

A entrada poderia ser feita pelo topo ou pela lateral, mas sempre voltada a nascente (Figura 27). O facto de entrar pelo topo torna o espaço mais fluido e único, no sentido de quem o percorre. Já pela entrada lateral, o espaço é automaticamente dividido em dois, havendo uma facilidade na distribuição e divisão do mesmo.

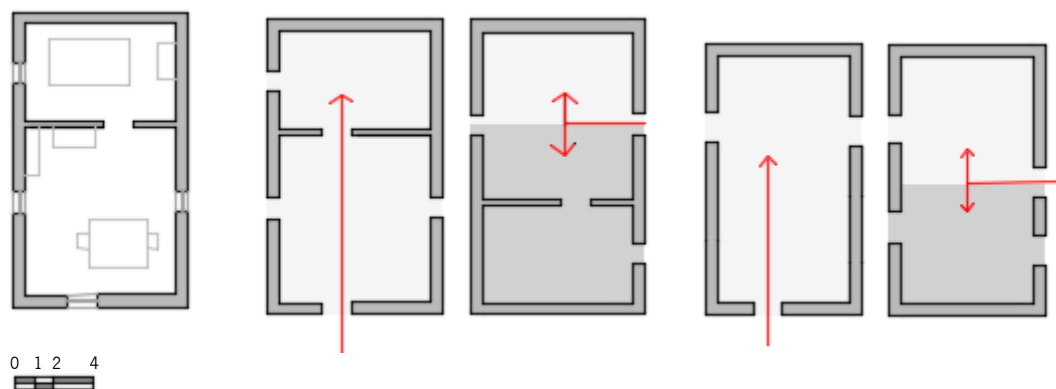


Figura 46. Plantas esquemáticas do posicionamento da entrada e circulação no interior de cabanas com e sem compartimentação

As cabanas eram de reduzidas dimensões sem compartimentação ou com apenas dois compartimentos. No primeiro caso, a sua área variava entre os 20 e os 30 m² e os espaços eram definidos pelo mobiliário disponível (Pires, 2013). A zona próxima à entrada possuía um carácter mais público, onde se comia e convivia permitindo uma comunhão entre o espaço interior e exterior e, por conseguinte, uma ampliação da habitação. Mais afastada da entrada encontrava-se a zona de dormir, vestir e de higiene, com um carácter mais privado.



Figura 47. Desenho esquemático da entrada das casas da Carrasqueira

As cabanas compartimentadas são geralmente um pouco maiores, variando entre os 30 e os 50 m². Os espaços dispõem-se igualmente como nas cabanas sem compartimentos, com a exceção de que a zona de dormir se encontra separada por uma parede divisória.

6.1.2.3 Processo construtivo

A planta é retangular e a estrutura destas construções é de madeira. As fachadas e cobertura são revestidas por vegetação, sendo que os materiais vegetais da cobertura apresentam um caule mais fino. O colmo pode ser preso à estrutura de madeira cosendo-

o em pequenos molhos com fio às canas (Figura 47) ou então pode ser espalhado pela superfície e fixado com uma tábua ou cana que está presa à estrutura principal por cordas ou pregos, designando-se esta técnica por *valadio*.²⁹ Esta técnica é usada no revestimento das paredes de fachada.



Figura 48. Desenho da estrutura e dos materiais que compõem as casas

No interior, as paredes podem ser rebocadas a cal, revestidas a canas ou então com tábuas espaçadas, tal como no exterior. Quando são rebocadas é utilizada a camarinheira, que é uma era mais fina que se atravessa no colmo e só posteriormente colocada a pasta de terra e cal. Outra opção poderá ser a colocação de canas na horizontal, fixadas à estrutura principal e só depois a colocação de pasta de terra e a caiação.

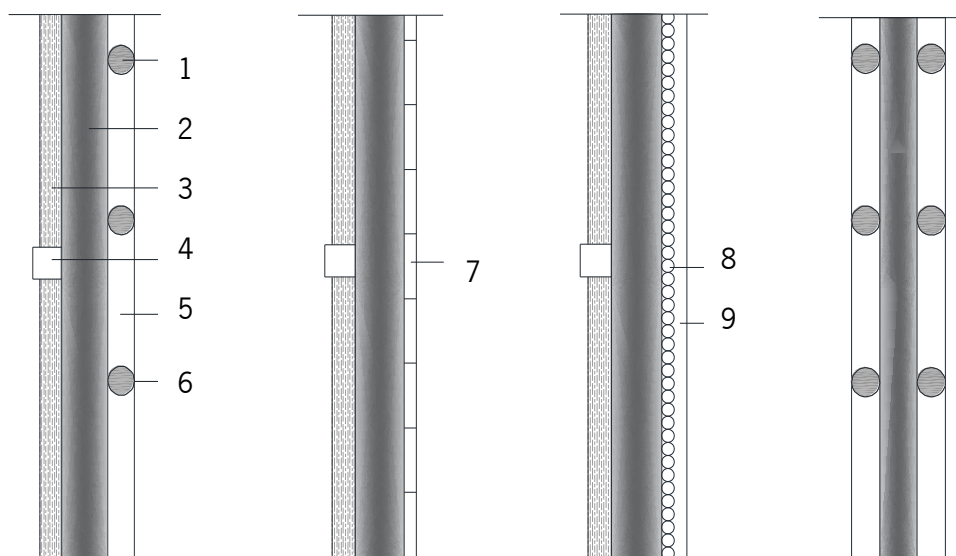


Figura 49. Tipologias dos diferentes tipos de parede

1-Canas; 2- Camarinheira; 3- Colmo; 4- Travessão; 5- Terra; 6- Leite de cal; 7 - Tábuas sem espaçamento; 8- Caniço; 9- Reboco sobre caniço

²⁹ PIRES, Marta dos Santos – *Arquitectura das Cabanas do Estuário do Sado: Formas e Vivências dos Espaços Vernaculares*, 2013.

Os vãos são igualmente de madeira, apresentando-se as portas com postigo e as janelas, de pequenas dimensões, com portadas interiores. Podem ser pintados, normalmente de azul ou vermelho e, as tábuas que suportam a vegetação são pintadas de branco, tanto no exterior como no interior das habitações.

Não tem chaminé, visto não possuírem um espaço para cozinhar e o chão era, na maioria das vezes, em terra batida.

A explicação para a manutenção e existência destas cabanas para além do custo ser inferior, pelos materiais que estão inerentes a esta habitação, reside no facto das mesmas serem um forte marco cultural, perpetuando as tradições dos antepassados.³⁰

6.1.2.4 Análise do comportamento da construção

Os materiais vegetais são bastante eficientes no que se refere ao isolamento acústico, à estanquidade da água e até mesmo à manutenção de uma temperatura interior confortável. O colmo apresenta uma baixa condutibilidade térmica ($0.076 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$)³¹, sendo por isso um bom isolante térmico. Além disso permite que as paredes respirem, evitando a degradação dos elementos vegetais.

Analisando todas as particularidades destas edificações, verifica-se que apesar de alguma dificuldade no cumprimento das exigências térmicas regulamentares contemporâneas, à semelhança de qualquer edifício antigo. Ainda assim, aproxima-se mais dos mínimos regulamentares do que as construções tradicionais pesadas.

³⁰ MASTRANGELO, N., FRANCESE D., MENDONÇA, P., AMORIM, F. - Bioclimatic Performances of Traditional Construction in Straw, in Italy and in Portugal, 2016.

³¹ MILJAN, M., MILJAN, M.-J., MILJAN, J., AKERMANN, K., KARJA, K. - Thermal transmittance of reed-insulated walls in a purpose-built test house, 2013/2014. P.1-12.

MATERIAIS	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (λ)	Resistência Térmica (e/λ)	U
Colmo	0,05	0,076	0,66	0,52
Camarinheira	0,08	0,076	1,05	
Recobrimento terra	0,045	1,5	0,03	
Cal	0,01	0,8	0,01	
Soma(Σ)	0,185		1,75	

R se	R si	Resistência total
0,04	0,13	1,75
	Rtotal =	1,92

Valor de Referência	Valor admissível	Requisitos
0,6	i1 = 1.8	OK

Tabela 2. Cálculo do valor do Índice de Condutibilidade Térmica da Parede das Casas da Carrasqueira

Ainda que estas construções não fossem concebidas para respeitar exigências de isolamento térmico, a verificação do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação seria ainda assim mais vantajosa do que noutra tipo de construções vernaculares, tendo em conta os baixos valores de condutibilidade da palha e da terra e isto apesar duma reduzida espessura.

Relativamente à energia incorporada, os materiais que compõem a parede das casas da Carrasqueira possuem valores bastante reduzidos, o que implica uma redução na energia gasta neste tipo de construção quando comparada com soluções convencionais e tradicionais pesadas.

Por se tratarem de materiais locais, os custos associados a estes tornavam-se insignificantes e toda a mão-de-obra era fornecida pelos próprios habitantes.

MATERIAIS	Densidade (kg/m ³)	Custo do Material (€/m ²)	Custo Mão de Obra (€/m ²)	Peso (kg/m ²)	Energia Incorporada (Kwh/Kg)	PEC (kwh/m ²)
Colmo	76,5	2	x	0,065	0,0067	4,36E-04
Camarinheira	76,5	x	x	0,065	0,0067	4,36E-04
Recobrimento terra	1700	x	x	1,6	0,027	4,32E-02
Cal	1600	27,46	7,33	1,7	0,278	4,73E-01
Soma(Σ)	3453	29,46	7,33	3,43		0,52
		36,79				

Tabela 3. Propriedades da Parede das Casas da Carrasqueira
X- Referente a materiais locais, disponíveis da população, sem custos associados

No entanto, se fossem construídas hoje em dia, as Cabanas da Carrasqueira não poderiam ser aprovadas segundo as exigências do Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU). Isto porque as suas áreas interiores variam entre 20-30 m² e as áreas

brutas mínimas estipuladas no RGEU para a habitação terão de ser superiores a 35 m² por alojamento. Além disso as áreas mínimas regulamentares exigidas para os compartimentos interiores também não seriam cumpridas.³²

6.2 Arquitetura Contemporânea

Em Portugal, os exemplos de construções com jardins verticais integrados ainda são reduzidos, havendo falta de incentivo e de informação, sobretudo pela não perceção da forma de propagação dos potenciais deste sistema a nível ambiental.

No entanto, salientam-se alguns deles:

6.2.1 Natura Towers

Este projeto ao encargo de CGP Arquitectos foi terminado em 2009 e venceu já vários prémios nacionais e internacionais. A implantação é feita por paralelepípedos que se ligam através de elementos com revestimento vegetal. São estes que marcam as circulações verticais, as saídas de emergência das caves, e também os que ocultam instalações técnicas.

A integração de jardins verticais parte das suas vantagens de impermeabilização e isolamento, tanto térmico como acústico. Além disso, também contribui para uma melhoria no conforto do espaço, devido ao contacto visual que se cria, levando conseqüentemente a uma interação direta com a natureza. O espaço ganha vida com uma nova sensação de calma e confiança proporcionada por esta proximidade entre os elementos.

Faz recurso a dois tipos de jardim vertical: um deles recorrendo a plantas trepadeiras que crescem sobre uma estrutura metálica e outro que funciona como parede viva, onde a vegetação cresce e se suporta ao longo da parede.

Foi o primeiro edifício em Portugal a obter a classificação energética de A+.

³² Mendonça Paulo, AMORIM, Francisca - *Environmental Benefits from the Use of Vegetable Materials in Building Construction: Case Study in the South of Portugal*. 2016.



Figura 50. Natura Towers, CGP Arquitectos (exterior e interior)

6.2.2 Dolce Vita Tejo

Este edifício é caracterizado, criatividade e pela sua grande dimensão, assemelha-se ao percurso duma cidade, marcado pela vegetação e pelas mudanças de ambientes dos espaços.

Na envolvente exterior, o projeto de arquitetura paisagística esteve ao encargo do gabinete de arquitetura paisagista NPK, incidindo na Envolvente e Alameda e Praça Central. A vegetação aqui vem harmonizar os diferentes espaços, estando relacionada com dimensão dos mesmos de forma a atenuar o forte impacto visual causado.

Existe também uma cisterna, que para além de refrigerar o ar condicionado da zona comercial, também é utilizado para abastecer o sistema de rega.

A existência de grandes canteiros também permitiu a criação de zonas de estar em redor dos mesmos através dos bancos em madeira que os contornam. Os pilares de apoio dos volumes de passagem também são revestidos por heras, oferecendo ao espaço o lado mais orgânico e natural.

Os jardins verticais de Patrick Blanc destacam-se pela originalidade e pela escolha organizada das espécies que melhor se adaptariam a este tipo de locais.³³



Figura 51. Jardins Verticais no Dolce Vita Tejo

³³ Horto do Campo Grande Magazine – *Dolce Vita Tejo*. P 80-82

7 PROPOSTA DE SISTEMA MODULAR DE FACHADA VEGETAL

De acordo com a análise efetuada das construções com materiais naturais e técnicas com vegetação na arquitetura, propõe-se um sistema de “fachada vegetal”, que aborde de outra forma os principais problemas levantados e que seja uma iniciativa para novas construções e formas de encarar a construção. Espera-se o mínimo de impacto ambiental, a fácil construção e a possibilidade de poder ser ampliada e alterada de acordo com os usos, propósitos ou vontades do usuário. A vegetação é o principal elemento projetual, a partir do qual serão selecionadas e estudadas todas as particularidades do projeto. A maximização do uso de materiais naturais de origem vegetal é um ponto de extrema relevância no projeto.

7.1 Conceito: A caixa

Neste sentido, e sempre aliando a questão dos espaços verdes à do edificado, a ideia que se propõe é uma arquitetura que solucione questões do ponto de vista energético, que seja sustentável e inovadora, mas ao mesmo tempo uma arquitetura que se aproxime da natureza, que a complemente e que a caracterize como elemento de projeto, onde a vegetação possa ser a solução.

Por isso, a ideia para a estrutura modular que se apresenta partiu de um objeto bastante simples: a caixa de fruta em madeira.

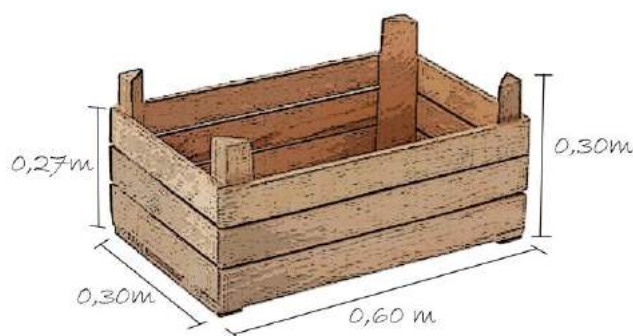


Figura 52. Dimensões da caixa de fruta em madeira

A caixa de madeira, para além de ser feita com um material natural (madeira) permite ser reaproveitada e utilizada com outros fins. Uma caixa é sempre vista como um lugar de resguardo, que se pode ocupar ou preencher com tudo aquilo que queremos proteger e guardar. Neste projeto, a caixa adquire outras funções, podendo-se tornar um lugar para sentar, subir, proteger, abrir, fechar, guardar ou produzir.



Figura 53. Formas de Apropriação da caixa

7.1.1 A caixa: Possibilidades de apropriação

Quando as caixas se começam a agrupar, através de uma lógica de encaixe que as suporta e mantém estáveis, formam uma estrutura que pode adquirir diferentes formas, com variadas dimensões e aberturas.

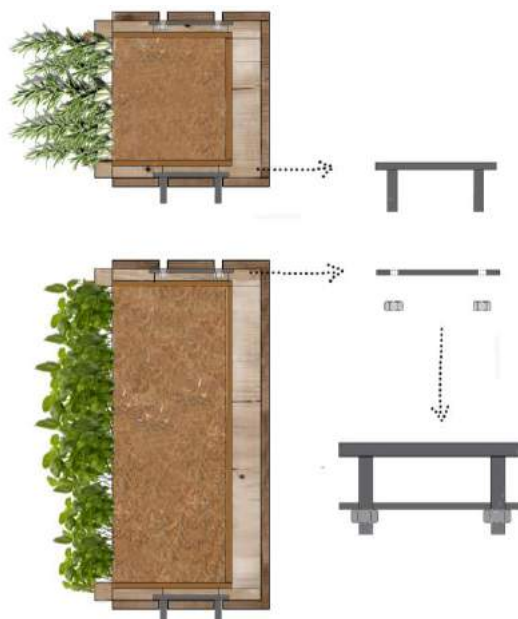


Figura 54. Peça de fixação das caixas

A fixação entre as caixas é metálica, oferecendo maior resistência e durabilidade à construção. É composta por uma peça em U que encaixa nos rasgos da caixa de fruta e que depois, através de uma anilha e de parafusos se prende a outra caixa, mantendo as duas unidas e coesas (Figura 54). A posterior separação é simples, sendo somente necessário desenroscar as peças de ferro, retirar a anilha e o perfil. A caixa ficaria de novo solta, podendo ser substituída ou removida da estrutura.

Podem ser utilizadas caixas vazias ou preenchidas com elementos vegetais, de acordo com o objetivo pretendido. A vegetação inserida na caixa permitiria a opacidade do elemento construído, enquanto que a caixa vazia proporcionaria rasgos de luz pontuais, através das próprias aberturas da caixa. A partir do momento em que é retirada uma das caixas, é criada uma abertura e, por consequência, a entrada total de luz.

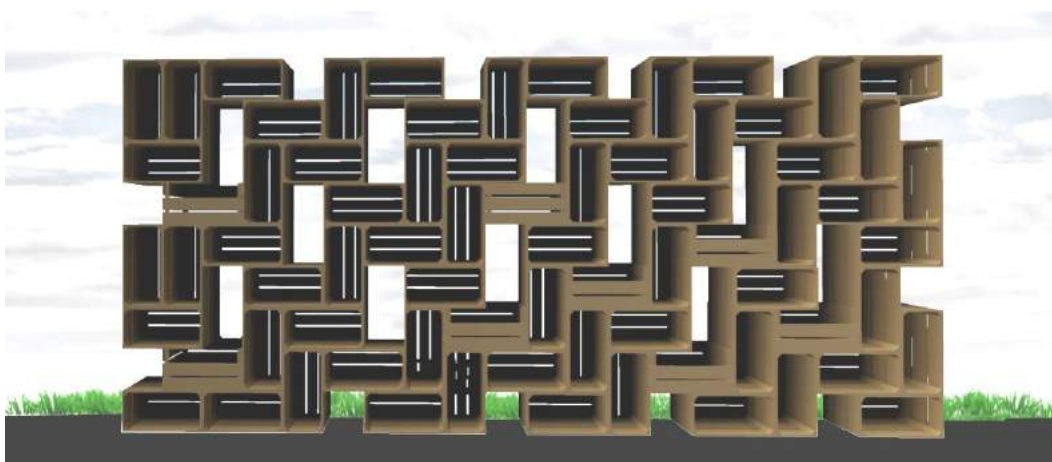


Figura 55 Esquema representativo dos rasgos formados pelas caixas.

Esta conexão entre as caixas pode-se transformar em locais de sentar, estar, de ampliação a espaços de lazer e até mesmo em hortas verticais, que produzem alimentos para o consumo do usuário ou até mesmo da população.



Figura 56. Criação de hortas verticais com recurso a conexão das caixas.



Figura 57. Ampliação de esplanadas/zonas de estar

Quando a estrutura começa a tomar um tamanho considerável, as caixas que pousam no solo serão preenchidas com areia que lhes dará o peso suficiente para suportar toda a estrutura e garantir a sua imobilidade. Será sempre necessário a colocação de um material impermeável no solo que preserve as caixas e evite o contacto direto com os diferentes terrenos.

7.2 A Parede habitacional

O simples encaixe entre as caixas que formam a estrutura apresentada anteriormente pode-se complexificar, tornando-se num elemento que preenche todos os requisitos que uma parede habitacional deve conter. Tal pode ser feito com a combinação dos diferentes materiais, seleccionados previamente, e maioritariamente naturais de origem vegetal.

Assim, as caixas seriam preenchidas por vegetação que estaria envolvida num substrato de fibra de côco, que por sua vez está contido numa caixa do mesmo material. Aparafusada à caixa de madeira estaria aglomerado negro de cortiça.

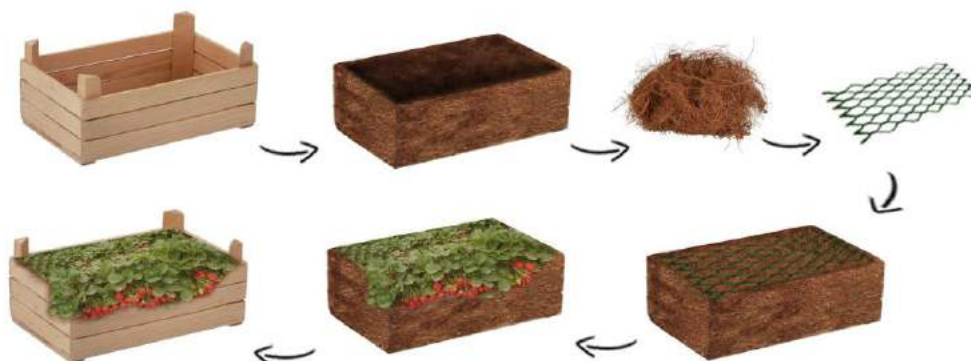


Figura 58. Processo de Construção da Caixa com Vegetação

A fibra de côco, para além de ser um excelente substrato como mencionado no subcapítulo 3.4, também controla de forma regular a água, o que permite que a vegetação continue a crescer de forma natural, estando ou não no suporte físico: a caixa. Isto facilita a substituição das caixas sempre que necessário, sem que seja preciso a muda da planta. Para além destas vantagens, a fibra de côco também desempenha, por si só, excelentes funções a nível térmico e acústico e, ao mesmo tempo, é um elemento importante no controlo da temperatura e conforto interior.

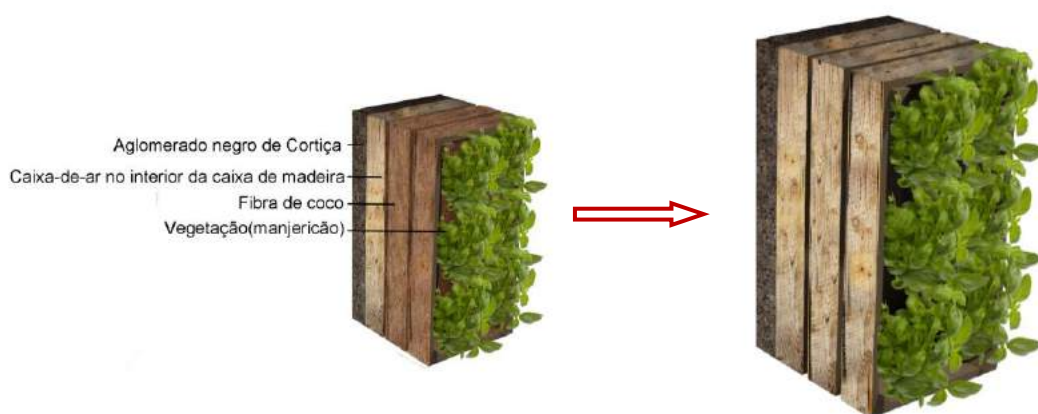


Figura 59. Composição da caixa

Aliada à fibra de côco, o aglomerado negro de cortiça, também material natural, garante um isolamento térmico contínuo através do encaixe entre todas as caixas. Na comparação com outros materiais isolantes, como apresentado na Tabela 4, verifica-se a sua baixa energia incorporada. Este valor permite-nos perceber qual o impacto ambiental causado, para atingir uma eficiência energética, uma vez que é considerada toda a energia usada para fabricação (desde extração até ao destino final em obra).

Este material torna-se cada vez mais importante na construção, pois aumenta a resistência térmica das soluções construtivas e é proveniente de uma matéria-prima de origem vegetal, sujeita a um processo industrial com pouco impacto ambiental.

Isolamentos	Densidade (kg/m ³)	Peso (kg/m ²)	Energia Incorporada (Kwh/m ²)	Condutibilidade Térmica λ [W/m.°C]	Custo (€/m ²)
Lã de rocha	40	1,4	86	0,042	3,65
Aglomerado Negro de cortiça	120	6,3	25	0,039	7,7
XPS	32	1,6	163	0,033	7,3
Fibra de côco	85	5,8	29	0,043	7,5

Tabela 4. Comparação das propriedades dos materiais isolantes

Fonte: MENDONÇA, Paulo – Habitar sob uma Segunda Pele: Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados. Guimarães, 2005

Na solução proposta, a vegetação também funcionaria como elemento de sombreamento protegendo a fachada das radiações UV. Isto permitiria escolher a espécie adequada para abrir ou fechar os vãos de acordo com a orientação solar, selecionando espécies de folha perene ou caduca que ajudassem no controlo térmico da habitação e a maior ou menor entrada de luz. Em certas zonas, as plantas funcionariam exclusivamente para uso alimentar, formando uma horta que auxiliasse, por exemplo, a cozinha.

Do lado interior a parede será igualmente formada por caixas, criando não só armários ou gavetas de arrumações como também lugares de sentar e conviver.

A separar as duas paredes encontra-se uma película de PVC, material transparente que é impermeável e garante igual visão para o exterior.

Elemento transparente	Peso próprio (kg/m ²)	Energia Incorporada (KWh/m ²)	Coefficiente U (W/m ² °C)	Durabilidade
Vidro simples incolor 5mm	12,5	68,8	5,8	+50anos
Vidro duplo incolor 4+(12)+6mm	25	137,5	2,9	+50anos
Membrana PVC transparente	0,4	8,7	5,8	2-5 anos
Tela PVC/ Poliéster branca	0,85	18,3	5,8	10 anos

Tabela 5. Comparação das propriedades de materiais transparentes

Fonte: MENDONÇA, Paulo – Habitar sob uma Segunda Pele: Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados. Guimarães, 2005

Fazendo a leitura da Tabela 5, o PVC cristal apresenta-se com valores inferiores comparativamente a outros materiais transparentes no que se refere ao peso próprio e energia incorporada. Seria uma boa aposta neste sistema de parede, uma vez que é igualmente transparente e retrata as cores, formas e imagens tal como um vidro comum, com um custo reduzido. Apesar de não possuir a mesma resistência que um vidro duplo comum, apresenta um bom comportamento, quando colocado em estruturas provisórias ou de curta permanência. É durável quando sujeito a condições adversas, como numa estufa, e protege contra as radiações UV.

No entanto, teria de ser substituído ao fim de alguns anos de modo a conseguir manter sempre as suas propriedades originais. Dada a flexibilidade da estrutura, esta alteração seria simples e rápida e estaria interligado com a substituição e manutenção de alguns materiais do edifício.

O PVC cristal é um elemento contínuo, que se encontra encastrado na viga, sendo interrompido somente nas janelas móveis. Nestes casos, o PVC encontra-se protegido pelo

caixilho, numa janela de guilhotina, sendo permitida a abertura para o exterior e a ventilação do edifício, por ventilação cruzada.

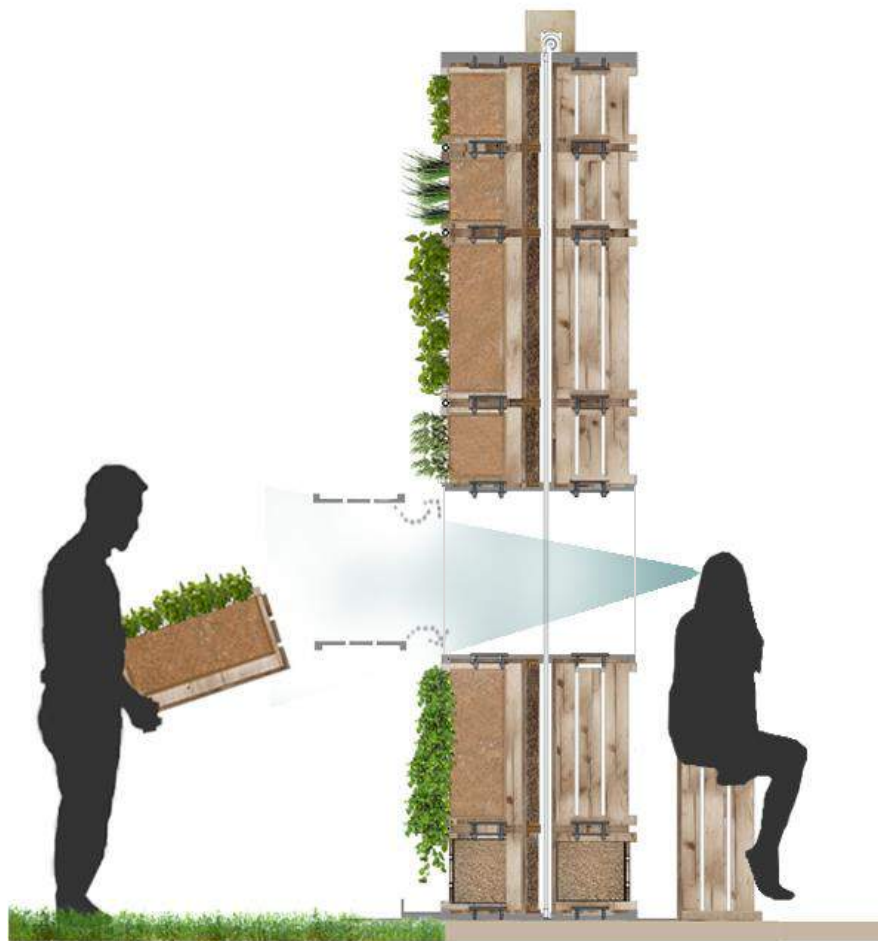


Figura 60. Abertura de Vãos e janelas fixas



Figura 61. Abertura de vãos em janelas móveis

O ligeiro avanço das caixas funciona como elemento de sombreamento assim como a vegetação presente, o que resulta numa barreira térmica, salvaguardando a fachada das radiações mais fortes.

A parede modular é na sua maioria composta por materiais naturais, excetuando o elemento transparente que funciona também como impermeabilização e as ligações e pregagens. Nestas teriam de ser usados materiais mais resistentes e de longa duração de forma a sustentar toda a estrutura. O encaixe entre as caixas é feito através de peças metálicas, como já apresentado na Figura 54.

A parede poderia ser fixada a uma calha metálica que faria a separação entre o solo e as caixas de madeira. Esta teria também um local de recolha do excesso de água, proveniente da rega da vegetação, permitindo que esta não se concentrasse junto à parede e fosse transferida para outro local ou dispositivo.

Sempre que o terreno fosse estável e não houvesse necessidade de colocação da calha, esta estrutura teria de ser colocada sobre um material impermeável, como forma de garantir a estanquidade de toda a parede relativamente a materiais que pudessem danificar ou alterar os materiais naturais. Seria uma solução mais leve e uma forma mais prática e eficaz da divisão da parede em relação ao solo.

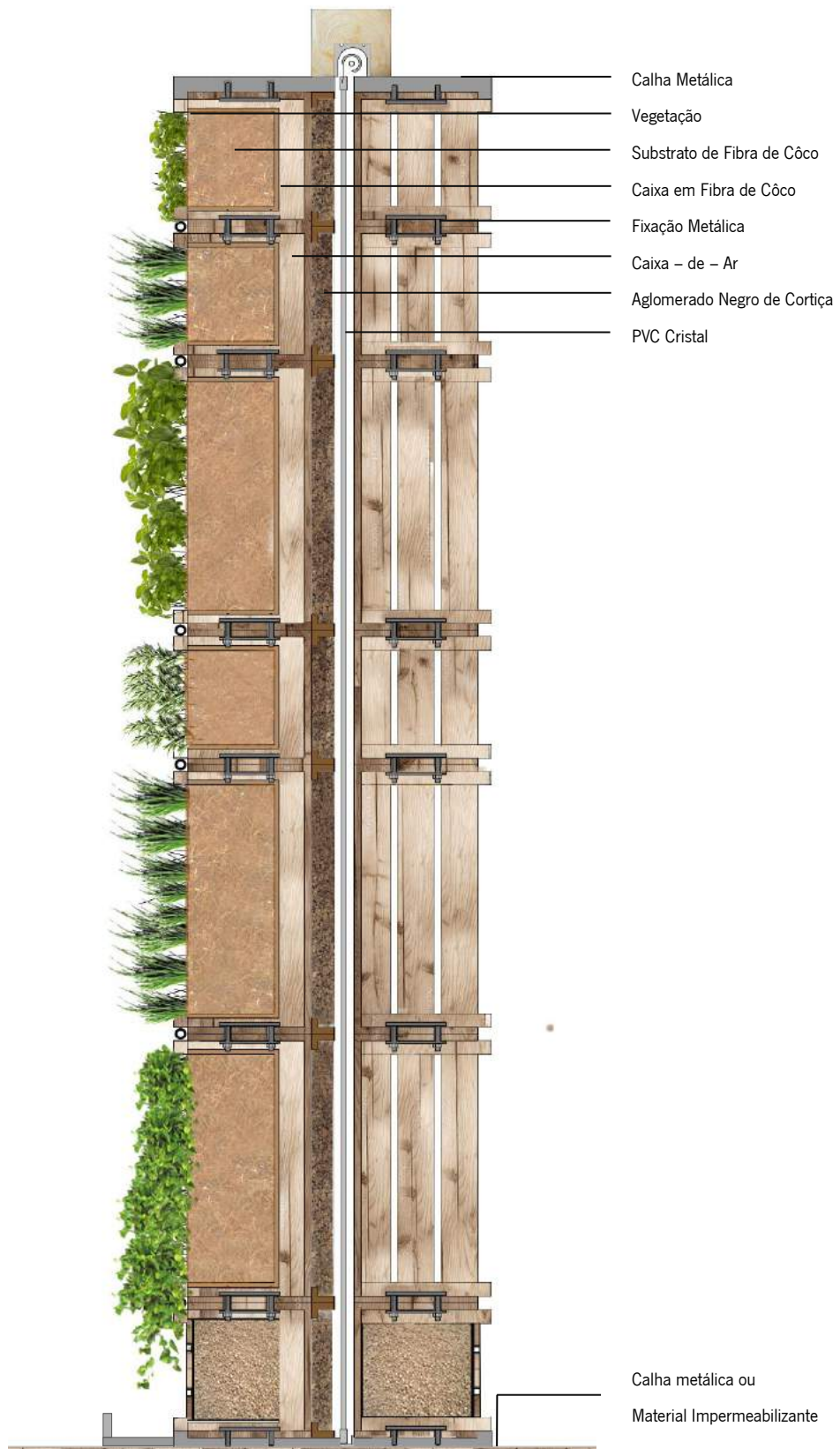


Figura 62. Pormenor Construtivo da Parede Modular

7.3 O Modelo Habitacional

A tipologia de parede apresentada no subcapítulo anterior pode-se “encaixar” com outras semelhantes e criar uma estrutura modular habitável, transportável, de fácil construção e passível de ser ampliada, de acordo com o fim pretendido.

O módulo ou edifício criado pela junção das diferentes paredes será essencialmente uma estrutura provisória, podendo-se tornar num pavilhão (espaço expositivo), num refúgio, um local de férias ou um anexo para habitações que precisem de ser ampliadas.

7.3.1 Estrutura

As paredes constroem-se todas de igual forma, com o mesmo desenho de encaixe entre as caixas, como representado na Figura 62. Possuem uma estrutura independente formada pelos encaixes entre as próprias caixas e pelo peso da areia das últimas que assentam no solo.

Quando se forma o módulo habitacional, as paredes possuem espaços criados pelo vazio da subtração das caixas e é permitido aí o encaixe das vigas, como se pode ver na Figura 64. Estas funcionam em dois sentidos opostos, que permitem o travamento das paredes e o assentamento posterior do soalho de madeira, pelo qual é constituído o pavimento.

As vigas são em madeira, pelas propriedades do próprio material, perçetíveis na Tabela 6.

Materiais estruturais	Densidade (kg/m ³)	Energia Incorporada (Kwh/m ²)	En.primária inc de produção	Condutibilidade Térmica λ [W/m.°C]
Aço	7780	9,73	2,78	46
Betão	2200-2400	0,33	0,33	0,98
Madeira pouco densa	300-750	0,18	0,18	0,124 - 0,24

Tabela 6. Comparação das propriedades de materiais estruturais

Fonte: MENDONÇA, Paulo – Habitar sob uma Segunda Pele: Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados. Guimarães, 2005

De forma a reduzir o peso da estrutura tanto do chão como da cobertura, optou-se pelo uso de vigas em madeira ocas, que conseguiriam suportar a estrutura do módulo e ao mesmo tempo integrar-se na lógica do projeto entre os cheios e vazios das caixas de madeira.

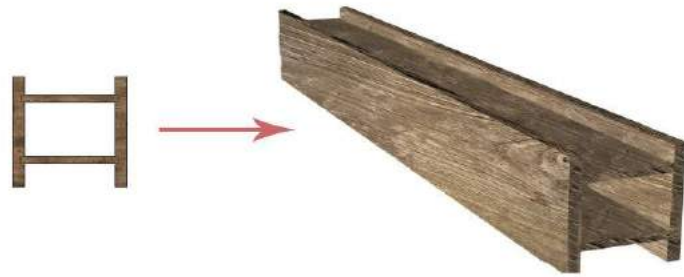


Figura 63. Viga oca em madeira

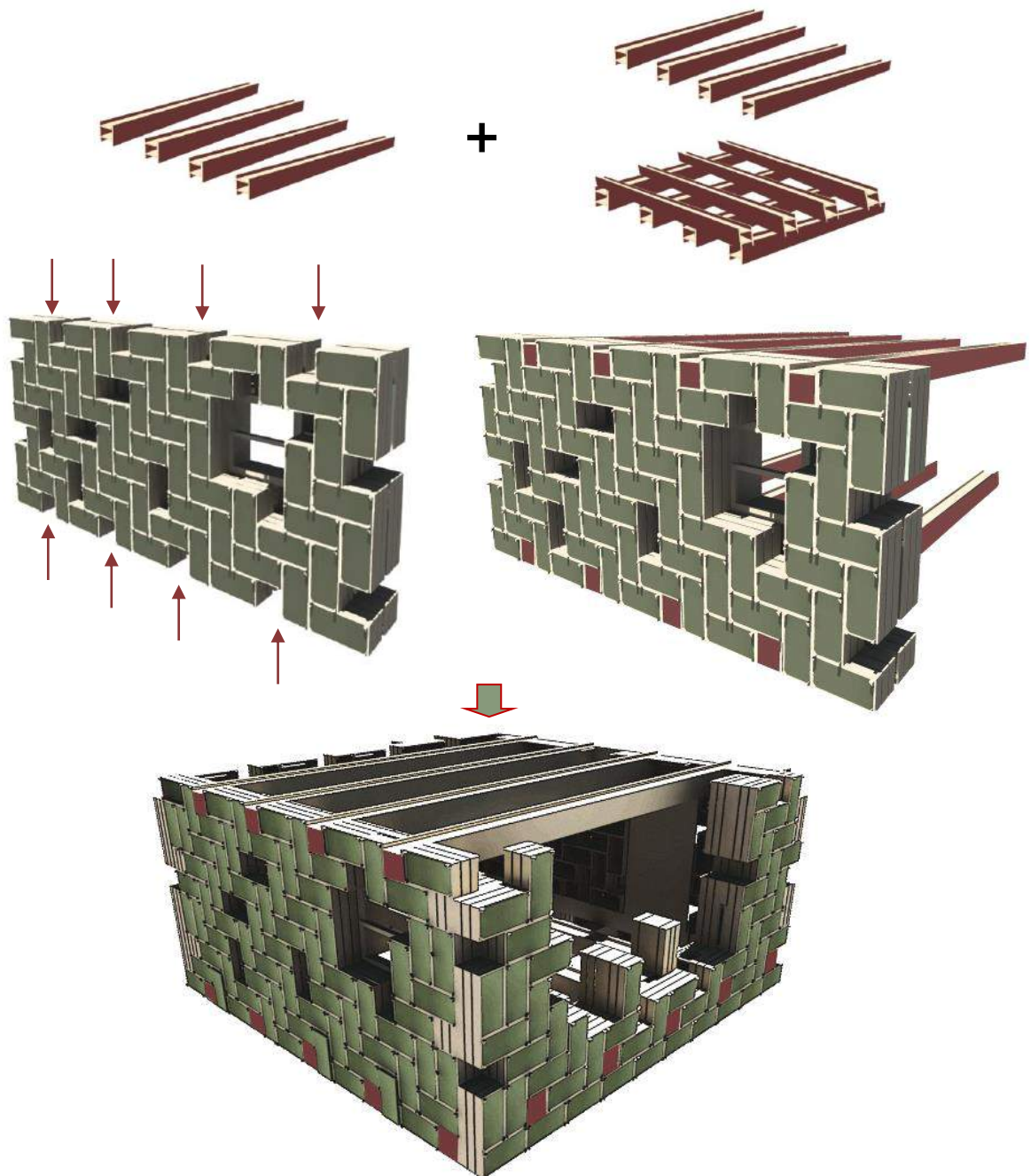


Figura 64. Esquema da montagem e estrutura do edifício.

A cobertura é de uma água, fazendo-se a drenagem entre cada uma das vigas. Sobre estas existe uma subestrutura que recebe as caixas de madeira, formando também uma cobertura ajardinada. De forma a reduzir o peso, estas caixas possuem menores dimensões.

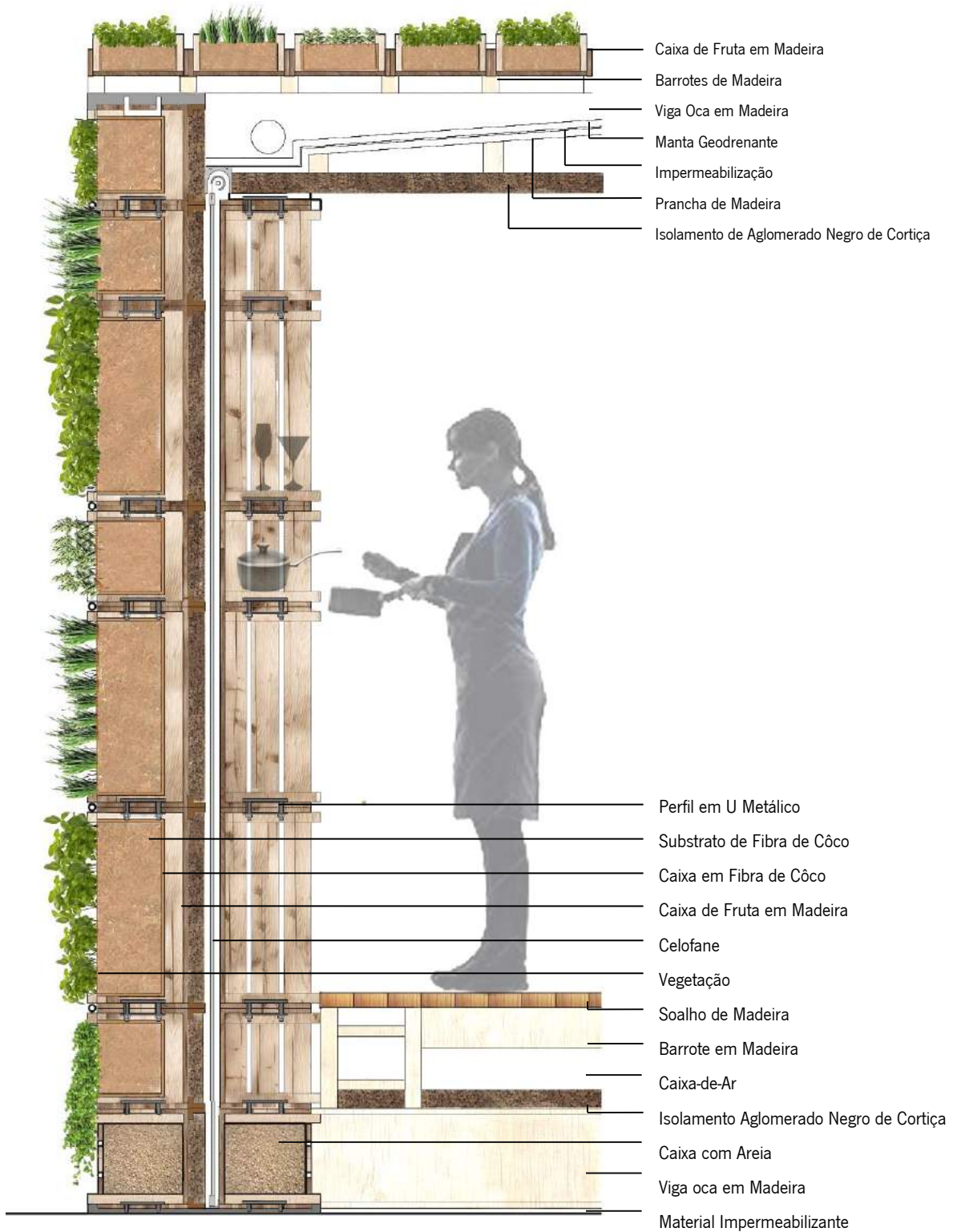


Figura 65. Pormenor Construtivo do Módulo Habitacional

Um dos maiores problemas nas coberturas verdes é a questão da impermeabilização, já que poderá acarretar patologias para o edifício caso não seja bem executada.

Estas patologias podem surgir não só pela má execução como também pelo crescimento de raízes das plantas que serão colocadas na cobertura. Para combater este problema, convém serem utilizadas camadas impermeabilizantes anti raízes.

Como um dos objetivos deste projeto é zelar pelo uso da maioria dos materiais naturais e sustentáveis, que assumam pouco impacto na construção foi selecionada uma manta geodrenante em substituição da pedra ou da argila expandida. Esta é composta por um plástico PET reciclado recoberto por geotêxtil. Esta escolha permite reduzir muito o peso na cobertura e assume a função de drenar a água, ajudando também na ventilação e renovação de ar do substrato.³⁴



Figura 66. Manta Geodrenante

7.3.2 Sistema de Rega

A vegetação constituinte de toda a parede deverá ser cuidada, recebendo os nutrientes e água necessária ao seu bom crescimento para que a vegetação se desenvolva como o esperado e não danifique a estrutura.

Para isso, foi escolhido um sistema de gotejamento. Neste sistema, a água é libertada por gravidade na parte superior da parede e encaminhada por tubos até à parte inferior. É separada através de pequenos orifícios que encaminham para as diferentes caixas, de acordo com a Figura 67.

Os tubos estão presos às caixas de madeira, pelo exterior, de forma a poderem ser retirados mais facilmente aquando a eliminação das caixas. A água direciona-se sempre no sentido do substrato, em forma de jato para este absorva a água necessária ao crescimento da planta.

³⁴ Sky Garden - *Manta Geodrenante*, [s.d]

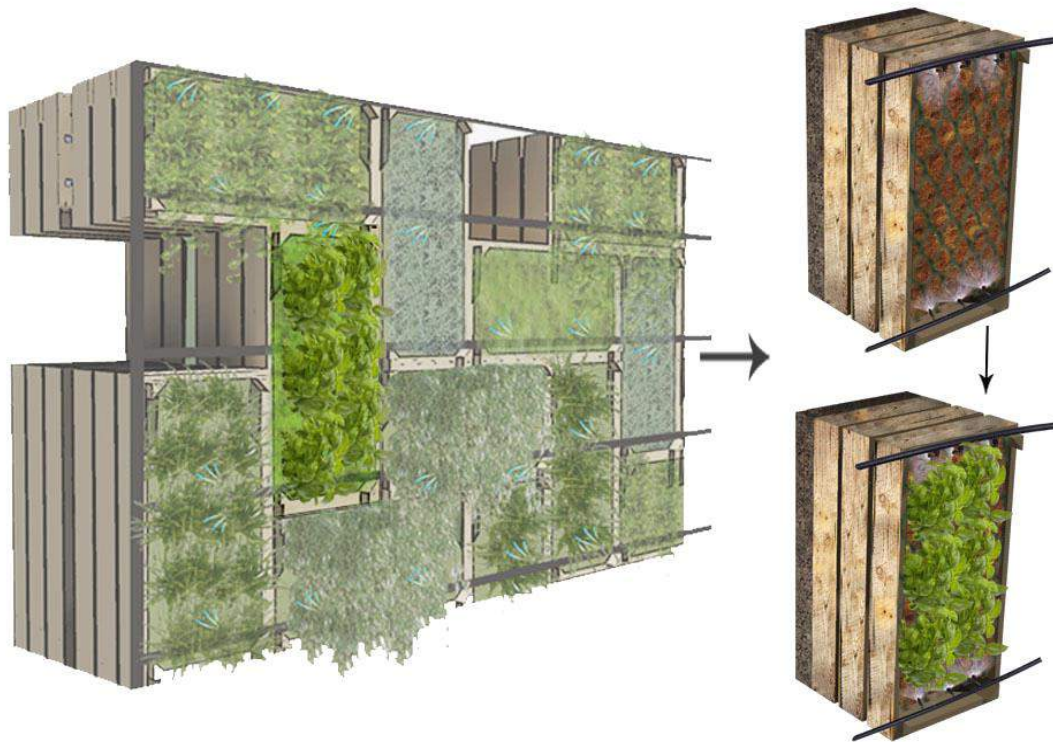


Figura 67. Sistema de Rega por Gotejamento da Parede Vegetal Proposta

7.3.3 Orientação dos elementos verticais

A qualidade dos espaços e do conforto dos utilizadores muito tem a ver com a variedade de ambientes proporcionada pelas aberturas e pela existência ou não de zonas de luz e de sombra.

Nas paredes verdes, este controlo pode ser feito pela própria vegetação. A escolha de espécies de folha caduca permitirão receber o sol no outono /Inverno mas ainda assim proteger das radiações fortes no verão. Já o uso de plantas de folha persistente poderá proteger a fachada durante todo o ano. Estas podem ser aplicadas por exemplo nas fachadas voltadas a norte, onde se verificam as maiores perdas de energia.

É assim de extrema relevância a escolha de diferentes espécies com características fisiológicas distintas, que ajudem no controlo ambiental dos espaços do módulo habitacional e ao mesmo tempo consegue-se promover a biodiversidade.

7.3.4 Espécies selecionadas

Quando se trata de fazer a escolha das espécies para um jardim vertical tem de se ter em conta não só o comportamento da planta e as necessidades que estão inerentes ao seu

bom crescimento, mas também a imagem que irá provocar em determinado espaço. A cor, o tamanho, a flor ou o fruto irão proporcionar entendimentos distintos de uma parede e criar espaços com diferentes sensações.

O uso de plantas autóctones portuguesas consegue promover a biodiversidade e sustentabilidade³⁵ e ao mesmo tempo cria o próprio ambiente da natureza no jardim e, neste caso, numa parede verde. É uma atitude sustentável, pois ajuda a poupar água e fertilizantes, no sentido destas plantas por si só serem mais resistentes.

Da flora portuguesa e da família das Labiadas destaca-se por exemplo os tomilhos, alfazemas e o alecrim, selecionados neste projeto modular.

Thymus Vulgaris (Tomilho)

O tomilho é uma planta semi-arbustiva com caules rasteiros e possui folhas pequenas e lineares. Quando colocada em vaso pode ser semelhante a uma espécie trepadeira. As flores são de cor rosa ou branca.

Não precisa de muitos cuidados. Adapta-se bem em terrenos drenados, mas vive de igual forma em terrenos mais secos. Tem um bom desenvolvimento ao sol.

É utilizado na medicina no combate a diferentes infeções e em dores reumáticas e fúngicas. Tem um aroma forte e um sabor agradável, sendo as suas folhas também utilizadas na culinária.



Figura 68. Thymus Vulgaris

Lavandula Angustifolia (Alfazema)

A alfazema possui folhas simples estreitas e longas, de cor verde acinzentada. As flores normalmente são de cor azul ou violeta e florescem de junho a setembro. São caracterizadas pelo seu perfume fresco e pela preferência por ambientes com luz solar, apesar de oferecerem grande resistência ao frio e ao calor.

³⁵ Publico – A vantagem de plantar alfazema, alecrim, giestas ou medronheiros, 2012.

Tem diversas utilidades, tanto na medicina e na cosmética como em uso doméstico como por exemplo no combate de pragas. Também na culinária se faz notar atribuindo um sabor e aroma característicos



Figura 69. Lavandula Angustifolia

Rosmarinus officinalis (Alecrim)

O alecrim é um arbusto de folha persistente, ramificado e verde. Possui flores de cor azul pálida, brancas ou rosas e tem um aroma forte e agradável. É uma planta que gosta de luz e precisa de pouca água. Quando está plantado em vasos, deve ser aparado para evitar o crescimento excessivo. É muitas vezes utilizada na culinária e para fins medicinais.



Figura 70. Rosmarinus officinalis

Estas espécies foram selecionadas pois, para além de todas as características de boa adaptabilidade e de estética, carregam a vantagem de poderem ser utilizadas com outros fins, como por exemplo a culinária. Assim sendo, o modelo habitacional poderia se tornar numa horta vertical que forneceria alimentos para uso e consumo de quem o habita e, do mesmo modo, o morangueiro e o manjeriço também partilham desta especificidade que poderá ser aproveitada no modelo.

Morangueiro

Os morangueiros são plantas herbáceas com sistema radical fasciculado. São perenes e produzem fruto várias vezes durante cada estação da colheita, que em Portugal se dá entre Novembro e abril.³⁶

Atinge normalmente 10 a 30 cm de comprimento e pode ser usada na sua totalidade para fins medicinais. Como é uma planta pequena e com raízes pouco profundas, pode facilmente ser colocada em vasos e jardineiras. A luz é essencial para o seu bom crescimento.



Figura 71. Arranjo de vasos com morangueiros no Chelsea Flower Show (2009) e estufa com cultivo de morangos.

Ocimum basilicum L.

O *Ocimum basilicum* L. ou manjeriço é uma planta herbácea de folhas verdes e ovais. É mais sensível e não gosta de mudanças muito significativas de temperatura. Reagem muito bem à luminosidade e a temperaturas mais elevadas.

Uma vez que se trata de uma erva aromática, pode ser usada em diferentes pratos na culinária. Podem ser plantadas diretamente na horta ou em pequenos vasos.

A colheita pode-se dar após 60 a 90 dias de ser semeada, quando a planta estiver bem desenvolvida. Alguns horticultores cortam mesmo as flores para favorecer o crescimento das folhas.

³⁶ Manual do Morangueiro - *Tecnologias de Produção Integrada no morangueiro visando a expansão da cultura e a reconquista do mercado*, 2005.



Figura 72. *Ocimum basilicum* L.

A variedade de espécies é essencial na formação de um jardim vertical, assim como a sua composição, volume e resistência. De natureza mais robusta e não tão sensíveis ao meio como as espécies de natureza mais doméstica, apresentam-se *Rhipsalis baccifera*, a *Russelia equisetiformis*, os *Nephrolepis cordifolia*, a *Epipremnum* e a *Tradescantia zebrina*.

Rhipsalis Baccifera

A *Rhipsalis* pertence à família dos catos, embora não possua espinhos. Tem folha perene e possui uma enorme variedade de espécies com diferentes formas e cores. O seu caule é composto por várias partes que se ramificam, podendo chegar aos 30 cm de comprimento. Multiplica-se por sementes e estaque. É tolerante ao frio e requer pouca água, aguentando mesmo 2 a 3 semanas sem qualquer tipo de cuidado.

Tem um crescimento rápido, podendo o seu comprimento ser cortado sempre que for necessário e tem um bom crescimento em locais com alguma sombra.³⁷



Figura 73. *Rhipsalis Baccifera* com e sem flor.

Russelia equisetiformis

A *Russelia equisetiformis*, também designada de flor-de-coral ou rusélia, possui os ramos muito ramificados e longos. As suas folhas são semi-perenes, pois na parte inferior têm forma linear e na parte superior apresentam pequenas escamas. Da primavera ao outono

³⁷ Jardiland- *Rhipsalis*, planta do mês de Outubro 2012.

despontam flores tubulares de diversas cores. É apropriada para colocação em vasos, suspensos ou não e em floreiras, uma vez que é bastante tolerante ao frio, vento e salinidade.



Figura 74. *Russelia equisetiformis* com e sem flor

Nephrolepis cordifolia

Mais vulgarmente conhecidos como fetos, os *Nephrolepis cordifolia* são plantas que não produzem flores, mas podem ter um crescimento ativo durante todo o ano. São característicos por proporcionar ambientes relaxantes, tanto no interior como no exterior de qualquer habitação.



Figura 75. *Nephrolepis cordifolia*



Figura 76. Jardim vertical do paisagista Daniel Cruz.

Epipremnum aureum ou Jiboia

Epipremnum é uma planta epífita em que as suas folhas mudam conforme a idade e o tamanho da planta. Inicialmente são cordiformes (forma de coração), mas quando crescem no exterior as folhas podem atingir 1 metro de largura.

Esta espécie gosta de locais com muita luz, caso contrário o seu crescimento torna-se mais lento e as folhas tornam-se totalmente verdes.



Figura 77. *Epipremnum aureum* ou Jiboia

Tradescantia zebrina

Esta planta perene possui as suas folhas arroxeadas e prateadas que florescem intermitentemente ao longo do ano. As flores são pequenas e de cor rosa. Tem um aspeto compacto e de pequeno porte e pode estar disposta completamente ao sol ou em parte à sombra e propaga-se através de estaca.



Figura 78. Tradescantia zebrina

7.3.5 Alçados Interiores e Exteriores

Nos alçados, as caixas dispõem-se sempre na vertical e horizontal e mantêm o mesmo desenho e modo de encaixe (já visível na Figura 64). O que distingue as diferentes fachadas é a subtração ou adição de caixas e a existência ou não de vegetação, tanto no exterior como no interior. Deste modo, é capaz de se criar imagens completamente distintas, não só provocadas pela ausência das caixas como também pela variedade de espécies selecionadas.



Figura 79. Alçado Poente à esquerda (exterior e interior) e Alçado Norte à direita (exterior e interior)



Figura 80. Alçado Nascente à Esquerda (exterior e interior) e Alçado Sul à Direita (exterior e interior)

Para além da diversidade de espécies, o edifício pode sofrer transformações, relacionadas com o desenvolvimento da vegetação, que altera a sua tonalidade conforme as estações e que reproduz as suas flores ou frutos.



Figura 81. Alçado Poente e Alçado Norte em Primavera/Verão



Figura 82. Alçado Nascente e Alçado Sul em Primavera/ Verão

As espécies foram escolhidas de acordo com o seu comportamento perante a exposição solar e ao seu crescimento e desenvolvimento ao longo do tempo. Foram colocadas no alçado Sul as que se desenvolvem melhor com forte luminosidade e no alçado norte as que estão imunes a ventos e a temperaturas mais baixas. As restantes foram divididas de acordo com as suas características, como a densidade, folhagem, fruto ou flor, de forma a terem um crescimento saudável e natural, salvaguardando sempre a fachada e protegendo-a dos agentes externos.

As aberturas foram pensadas também de acordo com a orientação solar sendo o maior vão feito a sul e o menor a norte. Neste, ao contrário dos restantes, as caixas do interior mantêm-se, permitindo somente a entrada de rasgos pontuais provocados pelas aberturas nas caixas.

No entanto, qualquer um destes alçados é flexível ao ponto de se “fechar” para o exterior ou abrir, dependendo da colocação ou não de caixas com vegetação e da utilidade do edifício nessa altura.



Figura 83. Corte representativo da parede vegetal e do espaço interior do módulo.

7.3.6 Integração do modelo na paisagem



Figura 84. "Edifício-horta"



Figura 85. "Edifício- Refúgio"



Figura 86. Edifício integrado no meio urbano como anexo e/ ou horta urbana.



Figura 87. Edificio flexível a diferentes usos

8 ANÁLISE DO SISTEMA CONSTRUTIVO DA PAREDE PROPOSTA

A escolha dos materiais da parede modular proposta foi pensada de forma a reduzir o peso da construção, e a torná-la mais eficiente, com um menor consumo de energia e de forma a obter valores que sejam competitivos a nível do mercado e credíveis para um bom conforto térmico e acústico. Estes valores podem ser consultados na Tabela 7.

MATERIAIS	Densidade (kg/m ³)	Espessura (m)	Custo do Material (€/m ²)	Peso (kg/m ²)	Energia Incorporada (Kwh/Kg)	EE (kwh/m ²)	Condutibilidade Térmica (λ)	Resistência Térmica (e/(λ))	U
Madeira(exterior + interior)	600	0,03	2,5	34,30	6,17	0,18	0,15	0,20	0,38
Substrato de Fibra de Côco	300	0,20	6	5,80	168,20	29,00	0,043	0,00	
Placa de Fibra de coco	1200	0,02	16	0,80	23,20	29,00	0,043	0,47	
Vegetação	76,5	0,08	2,5	0,70	0,01	0,01	0,076	0,00	
Cortiça	110	0,07	7,7	6,30	157,50	25,00	0,039	1,79	
PVC Cristal	1,1	0,002	6,6	0,40	3,48	8,70	0,14	0,01	
Soma(Σ)		0,40	41,3	48,3		91,89		2,47	

R se	R si	Resistência total
0,04	0,13	2,47
	Rtotal	2,64

Tabela 7. Propriedades da Parede Vegetal Proposta.

Fonte: www.vidaverde.agr.br; www.webcalc.com.br/engenharia/peso_espec_tab.html; www.madeirambiente.com; www.interactivepaper.pai.pt; www.braskem.com; MENDONÇA, Paulo - Habitar sob uma segunda pele: estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados,2005

Os valores referentes à vegetação baseiam-se nos dados recolhidos para palha ou centeio, visto ser igualmente vegetação, embora seca. Não existem valores exatos referentes a espécies vegetais, uma vez que está dependente da espécie selecionada e também do seu volume. O valor da resistência térmica foi considerado nulo, visto que as espécies vegetais não são compactadas. Assim, existem sempre espaços ventilados entre as mesmas o que impossibilita que se considere a existência de isolamento por parte destas. Quanto aos valores do substrato de Fibra de Côco, estes foram calculados tendo em conta que se encontra com alguma retenção de água, ou seja, não está no seu estado natural. Por isso admitimos uma resistência térmica de 0, sendo por isso calculado o valor de U (coeficiente de transmissão térmica) para a solução menos satisfatória.

Analisando os valores obtidos, verificamos que a solução proposta tem um coeficiente de transmissão térmica de 0.38, estando por isso, dentro dos valores de referência, como se pode verificar pela Tabela 8, de acordo com o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH).

U ref (W/m ² °C)		Zona Climática					
		Portugal Continental					
Zona Corrente da Envolvente		Com entrada em vigor do presente Regulamento			31 Dezembro de 2015		
		I1	I2	I3	I1	I2	I3
Em contacto com o exterior ou espaços não úteis	Elementos Opacos Verticais	0,50	0,40	0,35	0,40	0,35	0,30
	Elementos Opacos Horizontais	0,40	0,35	0,30	0,35	0,30	0,25

Tabela 8. Coeficiente de Transmissão Térmica de Referência de Acordo com a Zona Climática
 Fonte: IteCons – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de habitação (REH).

O coeficiente de condutibilidade térmica desta parede é, então, baixo, o que consequentemente implica uma menor transferência de calor, ou seja, um maior isolamento térmico.

Para cálculo do valor de isolamento sonoro, contabilizou-se somente os 5cm de aglomerado negro de cortiça, sendo excluído os 20 cm de fibra de côco uma vez que este poderá ter alguma absorção de água e por isso perde, em parte, as funções isolantes acústicas.

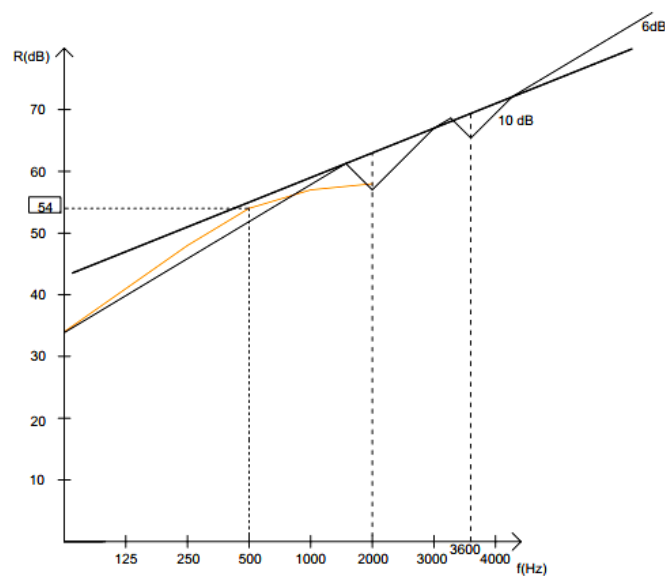


Tabela 9. Gráfico da Acústica da Parede Vegetal Proposta

Os valores correspondentes às propriedades da Parede proposta foram sintetizadas na tabela que se apresenta.

Constituição :	Caixas de Madeira Fibra de Côco Cortiça PVC Cristal Vegetação
Peso Específico (kg/m ²)	48,3
Coefficiente U (W/m ² °C)	0,38
Isolamento Sonoro (Dn,w)	54
Energia Incorporada (kwh/m ²)	91,89
Custo económico da Parede (€/m ²)	41,3

Tabela 10. Síntese das Propriedades da Parede Vegetal Proposta

8.1 Análise da solução construtiva proposta com recurso a comparação com outras soluções

De modo a obter uma análise mais detalhada do comportamento da parede vegetal proposta, fez-se a comparação com três tipos de parede:

- Parede também em materiais naturais, típica das casas da Carrasqueira (A)
- Parede com um sistema mais antigo em alvenaria de pedra, de 42 cm sem isolamento (B)
- Parede em alvenaria convencional, frequentemente utilizada nos dias de hoje (C).

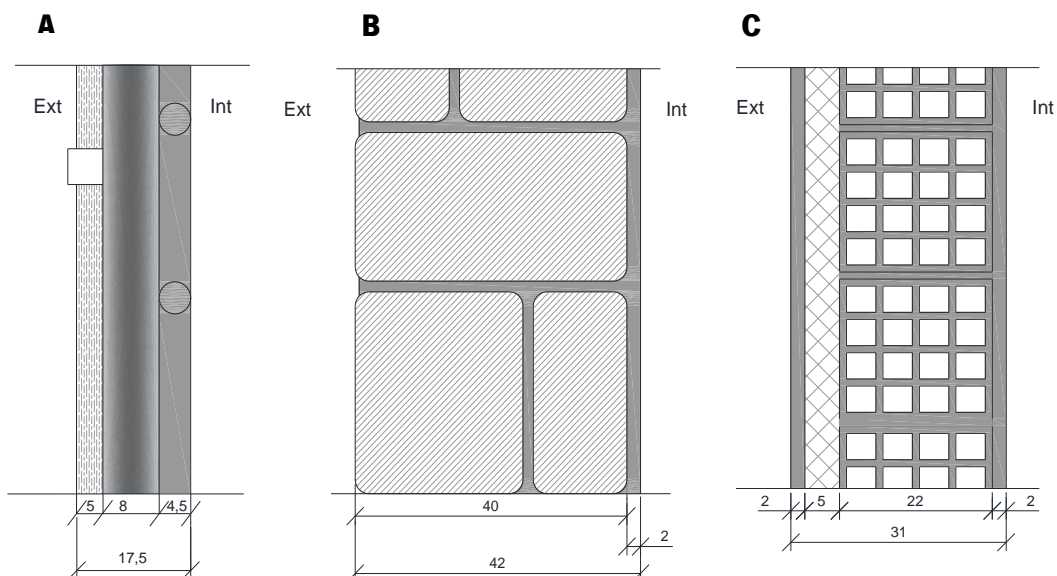


Figura 88. Pormenores construtivos da Parede da Carrasqueira (A), Parede de Alvenaria de Pedra (B) e Parede com sistema ETICS (C)

Materiais (Designação)	Espessura (m)	Peso Especifico (kg/m ²)	Coefficiente U (W/m ² . °C)	Energia incorporada (Kwh/Kg)	Custo económico da parede (€/m ²)	Isolamento sonoro (dB)A
Colmo	0,185	38,9	0,52	53,04	43,29	61,5
Camarinheira						
Recobrimento terra						
Cal						

Tabela 11. Propriedades da Parede A

Materiais (Designação)	Espessura (m)	Peso Especifico (kg/m ²)	Coefficiente U (W/m ² . °C)	Energia incorporada (Kwh/Kg)	Custo económico da parede (€/m ²)	Isolamento sonoro (dB)A
Alvenaria de Pedra	43	1118	3,05	182	111	62
Reboco						

Tabela 12. Propriedades da Parede B

Materiais (Designação)	Espessura (m)	Peso Especifico (kg/m ²)	Coefficiente U (W/m ² . °C)	Energia incorporada (Kwh/Kg)	Custo económico da parede (€/m ²)	Isolamento sonoro (dB)A
Reboco	31,5	268	0,42	858	63,15	53
Tijolo furado						
XPS						
Reboco						

Tabela 13. Propriedades da Parede C

As propriedades das três tipologias de paredes foram analisadas e comparadas com a solução proposta, de acordo com a Tabela 14.

Designação	Composição	Isolamento Sonoro Dn,w	Coefficiente U [W/m ² .°C]	Energia Incorporada EE [kWh/kg]	Peso Próprio[kg/m ²]	Custo (€/m ²)
Parede (A)	R1+T4.5+C8+Col5	61,05	0,52	53,04	38,9	43,29
Parede (B)	P40+R2	62	3,05	182	1118	111
Parede (C)	R2+Tj22+E5+R1	53	0,42	812	277	57
Parede Proposta	V8+F22+M1.5+C5+Ce1.5+M1.5	54	0,38	91,89	48,3	41,3

Tabela 14. Comparação de parede proposta com parede A, B e C.

R- Reboco; T- Terra; Tj- Tijolo; C- Camarinheira; C- Colmo; P- Pedra; V- Vegetação; F- Fibra de Côco; M- Madeira; CO- Cortiça; PV- PVC.

Quando comparadas as diferentes soluções, verifica-se que a parede proposta em materiais vegetais possui um menor coeficiente de condutibilidade térmica (0,38), ou seja, consegue garantir uma menor transferência de calor, permitindo o controlo da temperatura interior. Além disso, o índice de isolamento sonoro assemelha-se à parede com o sistema ETICS (C), muito utilizada nos dias de hoje, pela qualidade que proporciona aos espaços em termos de conforto e comodidade.

Além disso, os materiais utilizados na construção da parede proposta, possuem uma baixa energia incorporada, minimizando consequentemente o impacto na construção. Fez-se

uso de materiais locais, como a madeira utilizada tanto nas caixas que servem de módulo como na estrutura e fez-se a seleção de espécies vegetais autóctones valorizando a fauna e flora do nosso país e promovendo a biodiversidade. Em termos de custos, o material que poderá não ser tão competitivo em relação às restantes soluções é a fibra de côco. Porém fez parte da escolha por ser um material 100% natural, pelo seu excelente comportamento enquanto substrato e enquanto isolamento térmico e acústico, assegurando a estabilidade da solução. De facto, este material consegue conciliar uma série de propriedades que poucos materiais naturais permitem em termos de solução construtiva.

9 CONCLUSÕES

A abordagem ao tema do uso de materiais vegetais demonstra-se de extrema importância, tendo em conta as questões e preocupações ambientais que se levantam na atualidade. Assim, faz todo o sentido o esclarecimento e a aprendizagem acerca destes temas, para melhor compreender, aplicar e usufruir de novos materiais em soluções alternativas, inovadoras e “amigas do ambiente” que ainda não são tão bem vistas nem tão procuradas como as designadas soluções convencionais.

Neste sentido, o estudo ao tema foi feito através de um enquadramento teórico realçando as características e propriedades de vários materiais vegetais de construção como a madeira, a palha, a cortiça, a fibra de côco, o papel e a vegetação viva. O estudo desenvolveu-se mais sobre este último onde foram apresentadas diferentes formas de integração em fachadas. De facto, para além de garantir a proteção, isolamento e refrigeração do ar, também permite que a própria fachada se altere de acordo com as espécies utilizadas, havendo uma multiplicidade de alterações ao longo do ano na mesma parede.

Uma dificuldade encontrada foi contabilizar os custos que estes sistemas suportam, uma vez que dependem sempre da solução e dos materiais empregues. Assegura-se, contudo, que as fachadas verdes melhoram, de facto, o funcionamento da habitação, sendo um meio de proteção em relação ao exterior e aos agentes climatéricos, evitando assim sistemas de refrigeração e/ou aquecimento com grandes custos associados e utilizados nas habitações mais recentes.

A vegetação já havia sido utilizada na arquitetura como forma de proteção dos agentes exteriores e em alguns casos como ornamentação, sendo agora um elemento que volta a ganhar destaque afirmando e demonstrando as suas vantagens relativamente a outros materiais construtivos.

A proposta de uma parede vegetal modular veio alargar os modos de encarar e interpretar a construção. Construir não seria mais a ideia de betão e tijolo, frequentemente utilizados em Portugal, mas focar-se-ia mais num conceito de leveza, de construção rápida e com materiais que estão usualmente ao nosso dispor. A parede seria construída com materiais

naturais e recicláveis, capazes de garantir o conforto e as condições que uma parede convencional possibilitaria. Certamente alguns destes materiais precisarão de manutenção mais regular ou substituição, visto poderem estar expostos aos agentes climáticos, como é o caso das caixas de madeira e do PVC cristal. Ainda assim, são períodos relativamente longos que se adequam perfeitamente ao uso e propósito da construção.

Neste sentido, concluiu-se que a melhor solução para a creditação e aposta neste sistema passa muito por uma abordagem dinâmica, flexível, e auto corrigível, capaz de sofrer alterações e transformações mesmo em tempo de uso. Por isso, tudo se adapta de acordo com o fim para o qual é destinado e para as condições a que está sujeito.

A comparação de valores entre esta parede e as três apresentadas (parede antiga em materiais naturais das casas da Carrasqueira, parede em alvenaria de pedra e parede onde é aplicado o sistema ETICS) vem revelar valores muito semelhantes aos das paredes convencionais, nomeadamente a do sistema ETICS. No entanto, a nova solução apresenta um menor impacto ambiental da construção, com menos energia incorporada, com um coeficiente de transmissão térmica bastante inferior e com um custo inferior, uma vez que faz utilização de materiais locais e reaproveitamento de materiais existentes.

Certamente há ainda muitas questões que ficam por ser discutidas e resolvidas, mas seguramente o estudo destes sistemas vai mostrando a cada vez maior importância de apostar em soluções inovadoras a nível tecnológico e ambiental. O avanço só é permitido através da análise, experiência, e da confiança em diferentes formas de construir que contribuam para a sustentabilidade dos recursos.

É de extrema importância a sensibilização para o estado atual do consumo de energia causado pelo sector da construção e o alerta para o uso das novas soluções, através da colaboração de vários setores ou de financiamentos que ajudem e facilitem a construção a fim de contrariar estes valores. Não chega construir, é preciso construir bem, pensando que uma mudança agora poderá fazer uma diferença global mais tarde.



“O desafio radica na sua incorporação no processo criativo, na investigação de soluções de projeto e formalização do mesmo, na possibilidade de novas paisagens urbanas e territoriais mas, sobretudo, na intervenção com conhecimento, porque nem tudo o que reluz é ouro, nem tudo o que é verde é sustentável”³⁸

³⁸ Laura Espejo Escorial, *Ecos*, in: *arq./a*, nº24, Lisboa, p.11 apud *arq./a Ecologias Alternativas*, Novembro 2007

10 BIBLIOGRAFIA

Monografias:

- AAVV - *Arquitectura Popular em Portugal*. 3ª edição. Lisboa : Edição da Associação dos Arquitectos Portugueses, 1988.
- Bruno, P., Faria, P. - *Cabanas de materiais vegetais na Herdade da Comporta. Tradição construtiva e novas abordagens*. Terra em Seminário. Argumentum, Lisboa, 2010. pp 240-243
- CARVALHO, Albino de- *Madeiras Portuguesas. Edição: direção geral das florestas. Lisboa, 1997. ISBN 972-8097-26-3*
- Comissão Comunidade Europeia - *Energy in Architecture: the European Passive Solar Handbook*. London: B.T. Batsford, 1992. ISBN 0-7134-6918-0
- Coutinho, M. 1995 - *A Arquitectura Popular Portuguesa*. 3ª Edição. Lisboa: Editorial Estampa, ISBN 972-33-1054-6
- Fernando Veiga De Oliveira, E., Galhano, F. - *Arquitectura tradicional Portuguesa*. 4º Edição. Lisboa: Publicações D Quixote, 2000. ISBN: 972-20-0959-1
- GONZALO, Roberto, HEBERMANN, Karl J. - *Energy Efficient Architecture*. Germany: Birkhauser, 2006. ISBN 10:3-7643-7253-2
- HEGGER, Manfred, AUCH-SCHWELK, Volker, FUNCHS, Matthias, ROSENKRANZ, Thorsten - *Construction Materials Manual*. Munich : Birkhauser, 2006. ISBN - 10:3-7643-7570-1
- LYONS, Arthur - *Materials for Architects & Builders*. 3ªedição. Italy: Butterworth - Heinemann, 2007. ISBN 978-0-7506-6940-5
- [S.n] - *O Sobreiro e a Cortiça. Lisboa: Um património universal uma herança a preservar*. Edição Direção geral de desenvolvimento rural (DGDR). Lisboa 2000. ISBN 972-9175-92-6
- TORGAL, F.Pacheco JALALI, Said - *A Sustentabilidade dos Materiais de Construção. Edição TecMinho*. Coimbra, Novembro de 2010. ISBN 978-972-8600-22-8
- VEIGA DE OLIVEIRA, E., GALHANO, F., PEREIRA, B.. - *Construções primitivas em Portugal*. 3ª Edição. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1994. ISBN: 972-20-0196-5

– WINES, James-*Green Architecture*. New Caledonia: Tashen, 1992-98. ISBN 978-3-9228-6303-9

Capítulos de Monografias:

– DELGADO, F.M.G., SILVA, M.C.A., SECO, F. RIBEIRO, S. - Vegetação autóctone aplicada a painéis de cobertura e fachadas verdes de edifícios urbanos - “Projecto Geogreen”. In Jornadas Ibéricas de Horticultura, Faro. ISBN 978-972-8936 - 11 - 2.19: p. 238-340

Publicações periódicas:

– BAPTISTA, Luís - Ecologias Alternativas. *Arquitetura e Arte*. Lisboa. ICS 124055. Publicação mensal nº51, ano VIII (2007)

–2G: Revista Internacional de Arquitectura, *Lacaton & Vassal*. GG, Barcelona. ISSN: 1136-9647. Publicação Trimestral nº21, (2001)

Dissertações:

– BASTOS DE SOUSA, Rogério – Jardins Verticais: Um contributo para os espaços verdes urbanos e oportunidade na reabilitação do edificado. Universidade Lusófona do Porto, 2012. Tese de Mestrado

– DIREITO, Daniel Gaspar – *A indústria da Cortiça e o seu potencial de Inovação*. Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2011. Tese de Mestrado.

– EIRES, Rute – *Materiais Não Convencionais para uma Construção Sustentável Utilizando Cânhamo, Pasta de Papel e Cortiça*, 2006. Tese de Mestrado em Engenharia civil.

– HENEINE, Maria - Cobertura Verde. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG em 2008.

– MENDONÇA, Paulo – *Habitar sob uma Segunda Pele: Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados*. Guimarães, 2005. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil.

– PIRES, Marta dos Santos – *Arquitetura das Cabanas do Estuário do Sado: Formas e Vivências dos Espaços Vernaculares*. Lisboa: Faculdade de Arquitectura, Universidade Técnica de Lisboa, Março de 2013. Dissertação/ Projecto para Obtenção do Grau de Mestre em Arquitectura.

– SILVA, João - *Coberturas e Fachadas Verdes*. Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Dezembro 2012. Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Militar.

Artigos em Periódico:

– MENDONÇA, P., AMORIM, Francisca - *Environmental Benefits from the Use of Vegetable Materials in Building Construction: Case Study in the South of Portugal*. International Journal of Environmental Science and Development. Vol. 7, no. 6, pp. 431-435, 2016.

– MENDONÇA, P., AMORIM, Francisca - *Bioclimatic Performances of Traditional Construction in Straw, in Italy and in Portugal*. 2016

Documentos Eletrónicos:

– ALIMURUNG, Alyssa - *Kasetsart University in Thailand Builds an Innovative Rooftop Garden on Campus*. Disponível em URL : <http://inhabitat.com/kasetsart-university-in-thailand-builds-an-innovative-rooftop-garden-on-campus/>. Consultado em 4-11-2014.

– Amafibra – *A fibra de coco*, [s.d]. Disponível em URL: <http://www.amafibra.com.br/a-fibra-de-coco/>. Consultado em 24-02-2015

– ASCENSO, Rita - *Nearly zero energy buildings*. Edifícios e Energia. Disponível em URL: <http://www.edificioseenergia.pt/media/53562/tcapa%201.pdf>. Consultado em 28-10-2014.

– BARBOSA, Jaques - *Britânico viaja pelo mundo construindo jardins verticais em diversas cidades*. HypeNess. Inovação e Criatividade para todos. Disponível em URL: <http://www.hypeness.com.br/2013/07/botanico-viaja-pelo-mundo-construindo-jardins-verticais-em-diversas-cidades/>. Consultado em 13-05-2015.

– BRITO, Luís Miguel, MOURÃO, Isabel - *Características dos substratos para Horticultura: composição e características dos constituintes individuais dos substratos*. Julho, 2014. Disponível em URL: <http://www.agronegocios.eu/noticias/caracteristicas-dos-substratos-para-horticultura-composicao-e-caracteristicas-dos-constituintes-individuais-dos-substratos-parte/>. Consultado em 12-8-2015.

– COELHO, Alexandra – *Sou Fujimoto, o Arquitecto que constrói florestas*. Outubro, 2010. Disponível em URL: <http://www.publico.pt/culturaipsilon/noticia/sou-fujimoto-o-arquitecto-que-constroiu-florestas-268755>. Consultado em 10-5-2015.

- Correio do Brasil – “*Corredores verdes*” podem diminuir até 30% da poluição nas grandes metrópoles, julho de 2012. Disponível em URL: <http://correiodobrasil.com.br/corredores-verdes-podem-diminuir-ate-30-da-poluicao-das-grandes-metropoles/>. Consultado em 12-12-2014.
- Ecotelhado – *Sistema Integrado Ecoesgoto*, [s.d]. Disponível em URL: <https://ecotelhado.com/portfolio/sistema-integrado-ecoegoto/>. Consultado em 29-03-2015
- Ecotelhado – *Horta Orgânica no Aeroporto de Chicago*. Novembro de 2013. Disponível em URL: <https://ecotelhado.com/horta-organica-no-aeroporto-de-chicago/>. Consultado em 17-07-2015.
- FRANCO, José Tomás - *Materiales: Madera / Detalles Constructivos*. Dezembro, 2014. Disponível em URL: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/625989/materiales-madera-detalles-constructivos>. Consultado em 5-04-2015.
- Japanzimmer – *Fusuma*. Disponível em URL: <http://www.japanzimmer.de/japan-classics/fusuma/index.html>. Consultado em 20-10-2015.
- Manual do Morangueiro - *Tecnologias de Produção Integrada no morangueiro visando a expansão da cultura e a reconquista do mercado*. Edição PRO AGRO DE&D nº 193. Maio de 2005, ISBN 972-579-030-8. Disponível em URL: http://www.inia.pt/fotos/gca/manual_do_morangueiro1_1369212769.pdf. Consultado em 23-06-2015.
- Horto do Campo Grande Magazine – *Dolce Vita Tejo*. P 80-82. Disponível em URL: http://www.hortodocampogrande.com/media/46/File/Revista/N15/DolceVita_15.pdf Consultado em 23-05-2015
- MILJAN, M., MILJAN, M.-J., MILJAN, J., AKERMANN, K., KARJA, K. - *Thermal transmittance of reed-insulated walls in a purpose-built test house*. Mires and Peat. Department of Rural Building, Estonian University of Life Sciences, Estonia, Vol.13 (2013/2014), p.1-12. ISSN 1819-754X. Disponível em URL: http://pixelrauschen.de/wbmp/media/map13/map_13_07.pdf. Consultado em 27-04-2015.
- Planeta Azul: o portal do ambiente e sustentabilidade - *Telhados e Paredes Verdes*. Maio, 2010. Disponível em URL:

<http://www.planetazul.pt/edicoes1/planetazul/desenvArtigo.aspx?c=2249&a=18327&r=3>
7. Consultado em 9-12-2014.

– Público – *A vantagem de plantar alfazema, alecrim, giestas ou medronheiros*, 2012. Disponível em URL: <http://www.publico.pt/jardinagem/jornal/as-vantagens-de-plantar-alfazema-alecrim-giestas-ou-medronheiros-24365583>. Consultado 5-09-2015.

– Santana Madeira Biosfera - *Casas de Colmo*, [s.d.]. Disponível em URL: <http://santanamadeirabiosfera.com/pt/o-municipio-de-santana/casas-de-colmo>. Consultado em 5-06-2015.

– Sky Garden - *Manta Geodrenante*, [s.d.]. Disponível em URL: <http://www.skygarden.com.br/br/index.php/telhados-verdes/manta-geodrenante>. Consultado em 18-09-2015.

– [s.n.] – *Casa na Areia/ Aires Mateus*. Março, 2011. Disponível em URL: <http://www.archdaily.com/119742/casa-na-areia-aires-mateus>. Consultado em 28-05-2015.

– [s.n.] – *Cellophane House, 2008*. Disponível em URL: <http://kierantimberlake.com/pages/view/14/cellophane-house/parent:3>. Consultado em 10-05-2015.

– [s.n.] - *Eco Boulevard in Vallecas / Ecosistema*. Disponível em URL: <http://www.archdaily.com/6303/eco-boulevard-in-vallecas-ecosistema-urbano/>. Consultado em 6-11-2014.

– [s.n.] – *Final Wooden House/ Sou Fujimoto*. Outubro, 2008. Disponível em URL: <http://www.archdaily.com/7638/final-wooden-house-sou-fujimoto>. Consultado em 2-06-2015.

– VASCONCELOS, Graça, LOURENÇO, Paulo B., MENDONÇA, Paulo, ALVES, Pedro, CAMÕES, Aires, MATEUS, Ricardo - *Validação Experimental de uma Solução Eco - eficiente de Paredes Divisória*. Congresso Construção 2012. Disponível em URL: https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/21727/1/Artigo_GVasconcelos%20et%20al._1.pdf. Consultado em 12-03-2015.

11 CRÉDITOS DE FIGURAS

- Figura 1. Wooden House, Sou Fujimoto (Arqa - Arquitectura e Arte Contemporâneas, Novembro - 2015. Disponível em www.revarqa.com; www.archdaily.com)
- Figura 2. Casa na Comporta, Aires Mateus (www.detoursdumonde.files.wordpress.com; www.60designwebpick.com; www.static.dezeen.com)
- Figura 3. Pavilhão de Portugal, Souto Moura e Siza Vieira (www.rotadabairrada.pt; www.orquestraclasicadocentro.org)
- Figura 4. Fibra de côco em vaso, planta e manta. (www.espartosyisisal.es; www.coquim.com.br).
- Figura 5. Pavilhão IE Paper, Shigeru Ban Architects (www.images.adsttc.com; <http://www.diariodesign.com>)
- Figura 6. Shoji e Fusuma em habitações japonesas (www.japanzimmer.de; www.kdreamspt.wordpress.com)
- Figura 7. Imagem de autoria própria (F.A)
- Figura 8. Casa Scheu, Adolf Loos (<http://imgarcade.com>)
- Figura 9. Pormenor Construtivo de Fachada Verde Modular (adaptado de SILVA, Ricardo- *Coberturas e Fachadas Verdes*)
- Figura 10. Museu Quai brandley, Patrick Blanc, Paris (<http://www.verticalgardenpatrickblanc.com>)
- Figura 11. Bolsas efetuadas nas mantas absorventes nas Natura Towers, Portugal. (SILVA, João - *Coberturas e Fachadas Verdes*, 2012).
- Figura 12. Edifício Planeta, Barcelona (www.arquitecturaplusingenio.blogspot.pt)
- Figura 13. Sistema tradicional auto-fixação e sistema tradicional por sistema independente (F.A)³⁹
- Figura 14. West School Complex (1997), Duncan Lewis (www.duncan-lewis.com/NEWS/news.html)

³⁹ F.A- Francisca Amorim

- Figura 15. Jardim Urbano no Aeroporto Internacional O’Hare, Chicago (www.ecotelhado.com)
- Figura 16. Pormenor Construtivo de sistema tubular (F.A)
- Figura 17. Reutilização de Garrafas, Marcelo Rosenbaum (www.rosenbaum.com.br)
- Figura 18. Projeto “Entre o ar”, José Selgas e Lúcia Cano (www.designboom.com)
- Figura 10. Eco- Boulevard, Madrid (www.ecosistemaurbano.com)
- Figura 20. Sistema de rega por gotejamento. (http://www.enter-shop.com.au)
- Figura 21. Sistema de Rega produzido *in situ* (SILVA, João - *Coberturas e Fachadas Verdes*)
- Figura 22. Sistema por Vaporização no Edifício Harmonia 57, São Paulo (BASTOS DE SOUSA, Rogério, 2012)
- Figura 23. Sistema Ecoesgoto(www.dca.arq.br)
- Figura 24. Edifícios Glaumber, Islândia (www.needled.files.wordpress.com; http://katedaviesdesigns.com/2014/04/14/made-things/)
- Figura 25. Black house, Escócia (www.gearrannan.com)
- Figura 26. Green Box, Rhaetian Alpes (www.marcellomariana.it/the-green-box/)
- Figura 27. Secção de O House, Wangstudio (www.archdaily.com)
- Figura 28. O House, Wangstudio, Vietname (www.divisare.com)
- Figura 29. Malator, Future Systems (www.ideasgn.com)
- Figura 30. Construção de Fachadas Bio-Reativas (www.engenhariacivil.com)
- Figura 31. Projeto desenvolvido através da utilização de microalgas (www.nergiza.com; www.ctarquitectura.es)
- Figura 32. Rong Bao Zhai Livraria, China (www.archdaily.com)
- Figura 33. Habitação primitiva de pedra e materiais vegetais, de forma cilindro-cónica: Cabana de dois pisos em Abrunhosa, Mangualde (Veiga de Oliveira e Galhano)
- Figura 34. Habitação primitiva de pedra e materiais vegetais, de planta retangular: Choupana de cobertura de duas águas em Prime, Viseu (Veiga de Oliveira e Galhano,1969)
- Figura 35 Habitação primitiva do tipo cobertura-parede em materiais vegetais de planta circular: Choça em Beirã, Marvão (Veiga de Oliveira e Galhano, 1969)
- Figura 36. Habitação primitiva do tipo cobertura-parede em materiais vegetais de planta retangular: Cabanas na Ilha de Armona, Fuzeta (Veiga de Oliveira e Galhano)

- Figura 37. Casa redonda, típica de são Jorge (www.santanamadeirabiosfera.com)
- Figura 38. Casas de Empena ou de Fio, Madeira (www.geocaching.com)
- Figura 39. Casas de Meio Fio, Madeira (www.madeira-holidays.eu)
- Figura 40. Aproximação a cobertura de casa de Meio Fio, Madeira (www.geia-deusaterra.blogspot.pt/2010/10/casas-tipicas-de-santana.html)
- Figura 41. Alçado e planta de habitação primitiva de cobertura e parede diferenciadas em materiais vegetais de forma cilindro-cónica: Curveiro em Vale Chaim, Odemira (Veiga de Oliveira e Galhano 1969)
- Figura 42 à Figura 49, as imagens são de autoria própria. (F.A)
- Figura 50. Natura Towers, CGP Arquitectos (www.gjp.pt; <http://www.verticalgardendesign.com/404>)
- Figura 51. Jardins Verticais no Dolce Vita Tejo (www.hortodocampgrande.com)
- Figura 52. Dimensões da caixa de fruta em madeira (imagem adaptada de www.loja.sacoplex.pt)
- Figura 53 à Figura 65, as imagens são de autoria própria. (F.A)
- Figura 66. Manta Geodrenante (www.skygarden.com.br ; www.atitudesustentavel.com.br)
- Figura 67. Sistema de Rega por Gotejamento da Parede Vegetal Proposta (F.A)
- Figura 68. Thymus Vulgaris (www.denunciation.files.wordpress.com; www.viveirojardim.files.wordpress.com)
- Figura 69. Lavandula Angustifolia (www.oxfordpruningcompany.files.wordpress.com; www.portaldojardim.com)
- Figura 70. Rosmarinus officinalis (www.parapsicologocarbo.com; www.rakelpossi.com)
- Figura 71. Arranjo de vasos com morangueiros no Chelsea Flower Show em 2009 (www.hortas.info) e Cultivo de morangos (www.thumbs.dreamstime.com)
- Figura 72. Ocimum basilicum L. (www.aromaticasvivas.com)
- Figura 73. Rhipsalis Baccifera com e sem flor. (www.jardiland.pt)
- Figura 74. Russelia equisetiformis com e sem flor (www.onlineplantguide.com)
- Figura 75. Nephrolepis cordifolia (www.plants.usda.gov) (www.portaldojardim.com)
- Figura 76. Jardim vertical do paisagista Daniel Cruz (www.g1.globo.com)
- Figura 77. Epipremnum aureum ou Jiboia (<http://www.gestiscifacile.it>)
- Figura 78. Tradescantia zebrina (www.wisdom-earth.com; www.c2.staticflickr.com)

– Da figura 79 à figura 87 as imagens são da própria autoria. (F.A)