

CAPÍTULO

6

***CONCLUSÕES e  
CONSIDERAÇÕES FINAIS***



presente trabalho não teve a pretensão de esgotar o assunto, mesmo porque seria impossível, visto que o tema possibilita uma variedade muito grande de pesquisas complementares, principalmente para projetos maiores, envolvendo profissionais de áreas diversas, tais como: engenharia de materiais, engenharia de solos, engenharia ambiental, limnologia, biologia, ecologia, química, arquitetura (projeto, história e conforto ambiental), entre outros... Ao final deste trabalho, esperava-se responder as seguintes indagações:

- *É possível a utilização das macrófitas aquáticas no adobe?*
- *Essa utilização seria uma alternativa ao controle da biomassa de macrófitas aquáticas em lagos e reservatórios eutrofizados?*
- *Qual a melhor proporção de biomassa a ser utilizada, e de qual espécie de macrófita?*

Quanto à primeira indagação, pelos resultados expostos e comentados no capítulo anterior, e baseando-se também em uma avaliação visual e tátil dos tijolos, pode-se concluir que a biomassa de macrófitas aquáticas se mostrou perfeitamente viável e adequada à proposta deste trabalho, inclusive melhorando a trabalhabilidade do barro, como já comentado no **item 5.2.2-b** (à **pag. 148**). Neste aspecto, mesmo a *Brachiaria arrecta*, que aparentemente se mostrou menos adequada, pela “rebeldia” dos fragmentos, produzindo tijolos com acabamento superficial menos agradável, tem as suas vantagens. Esta superfície menos lisa pode

favorecer a aderência da argamassa de revestimento das paredes, ou seja, a proteção mecânica dos tijolos, contra a ação do intemperismo.

Em resposta afirmativa à segunda indagação, acrescentam-se a estes comentários, os resultados apresentados no exemplo detalhado no **item 5.4**, onde é calculado o volume expressivo de biomassa que pode ser incorporada ao adobe, destacando-se o consumo praticamente nulo de energia para a remoção das macrófitas e a produção dos tijolos.

No entanto, como não existe uma resposta única, objetiva e conclusiva à última indagação, serão apresentadas algumas considerações acerca dos resultados obtidos com este trabalho e como os mesmos podem ser interpretados. Para se aproximar a uma resposta, seria necessário contextualizar a pergunta, ou seja, saber qual a finalidade da produção dos tijolos e quais as condições do sistema (o reservatório) num dado momento.

Com relação às condições do sistema, é importante que se saiba, por exemplo, qual o aporte de metais e nutrientes na época em que as macrófitas serão colhidas, para que seja possível saber quais os que ocorrem em maior concentração e se possa decidir por qual a espécie mais eficiente na retirada destes.

Os resultados deste trabalho apontaram a *Eichhornia crassipes* como a espécie mais eficiente na estocagem de nitrogênio, com 41,65 g/m<sup>2</sup> (**tab. 5.07**). Já a *Brachiaria arrecta*, se mostrou a mais eficiente na estocagem de fósforo (149,57 µg/m<sup>2</sup>, pela **tab. 5.06**). Quanto à *Pistia stratiotes*, esta se mostrou a menos eficiente na estocagem de fósforo (26,56 µg/m<sup>2</sup>) e intermediária em nitrogênio (10,39 g/m<sup>2</sup>), porém, é a espécie que apresenta maior produtividade, por seu desenvolvimento ser o mais acelerado (FERREIRA, 2000).

Outro fator que deve ser levado em consideração na tomada de decisão, é a

biomassa por unidade de área da superfície do estande (Bps). Por exemplo, se um dos objetivos da produção dos tijolos for a limpeza da lâmina d'água, com a remoção da maior área possível de estandes, a espécie mais indicada é a *Pistia stratiotes* que, por apresentar menor Bps (235 g/m<sup>2</sup>, da **tab. 5.02**), corresponderá a uma área maior de cobertura vegetal, considerando-se uma mesma quantidade de biomassa seca e triturada. Isto pode ser melhor observado e comparado com as outras espécies, analisando-se os dados apresentados na **tab. 5.30**.

Da análise dos dados apresentados na **tab. 5.09**, pode-se concluir que os metais com maiores concentrações, nas três espécies, são o **ferro**, o **cálcio**, o **manganês** e o **magnésio**, com pequenas variações de uma espécie para outra. Neste caso, a espécie mais eficiente é a *Eichhornia crassipes*, para a maioria dos metais. Quanto ao estoque deles, também são observadas outras variações porque depende de Bps, valendo aqui a mesma observação feita para os resultados de nutrientes, ou seja, os resultados não devem ser analisados sem se levar em consideração o contexto geral do sistema, assim como da destinação desejada para as macrófitas.

Quanto aos resultados das análises químicas, como comentário geral, deve-se observar que estes números não devem ser encarados como absolutos. Devem ser vistos com reserva, levando-se em consideração a heterogeneidade da biomassa, seu comportamento sazonal e as quantidades de material amostrado. Se forem comparadas a quantidade de material utilizado nas análises químicas (da ordem de 0,2 a 1,0 g da amostra) com a quantidade coletada no início do estudo (de 2.936 a 6.672 g de material seco, pela **tab. 5.02**), considerando-se ainda que nesta última estão incluídas partes distintas das plantas (raízes, caules, folhas e flores), em diferentes estádios fenológicos (brotos, jovens e adultas), fica mais evidente esta reserva, mesmo considerando-se todo o rigor do processo de amostragens e destas análises químicas. Enfim, estes números refletem apenas um flagrante das condições do sistema, naquele momento, e devem

ser avaliados mais como parâmetros de comparação entre as disponibilidades das várias substâncias químicas, sejam nutrientes ou metais, assim como das diferenças de comportamento das espécies de macrófitas aquáticas estudadas.

No que diz respeito à resistência à compressão dos tijolos, na decisão pelo traço e espécie a ser utilizada, devem ser consideradas as suas condições de utilização. Se os tijolos forem utilizados para produção de alvenaria autoportante (paredes com finalidade de vedação e estrutural, simultaneamente), deverá ser priorizada a resistência. Se o objetivo for a produção de alvenaria apenas de vedação, com os tijolos associados, por exemplo, a uma estrutura de madeira, a resistência não é prioritária, mas sim a menor massa específica, com o objetivo de se reduzir os carregamentos na estrutura. Neste caso, quanto mais biomassa for utilizada, melhor, pois haverá redução neste parâmetro, como pode ser observado na **fig. 5.05**.

Quanto aos resultados dos ensaios de determinação da resistência à compressão, da observação das curvas apresentadas na **fig. 5.11**, pode-se perceber que a adição de biomassa provocou inicialmente (até cerca de 1 % em massa) um acréscimo deste parâmetro, indistintamente para as três espécies de macrófitas, quando comparado com o padrão de referência (C2). A partir deste ponto, a resistência à compressão apresentou uma tendência de redução, evidenciando as diferenças entre as respostas das diferentes espécies. Neste caso, a *Eichhornia crassipes* foi a que apresentou melhor desempenho, ou seja, é possível acrescentar cerca de 3,3 % (em massa) de sua biomassa ao barro e ainda se manter o mesmo nível de resistência apresentado pelo controle (2,48 MPa). Para a mesma situação, só é possível utilizar cerca de metade desta biomassa de *Pistia stratiotes* (1,7 %) ou de *Brachiaria arrecta* (1,5%).

Se a prioridade não for a resistência do tijolo, é possível se inserir uma

quantidade consideravelmente maior de biomassa, sem que haja grande redução deste parâmetro. Por exemplo, pode-se utilizar até 7,74 %, em massa (ou 70 % em volume), de biomassa de *Eichhornia crassipes* e mesmo assim obter-se tijolos com resistência à compressão de 2,14 MPa, ou 6,78 % (33,33%) de *Pistia stratiotes* para 1,89 MPa e 5,37 % (50 %) de *Brachiaria arrecta* para 1,94 MPa.

Para se avaliar o significado destes níveis de resistência, basta compará-los com a resistência média (apresentada na **tabela 6.01**) dos tijolos cerâmicos alveolares queimados (ou “tijolos baianos”), o mais comum e popular material de construção utilizado atualmente na produção de alvenaria de vedação. Desta comparação, observa-se que o menor resultado obtido no presente trabalho (1,89 MPa) é 3,2 vezes superior ao resultado médio (0,59 MPa) obtido para os “tijolos baianos”, coletados ao longo de nove anos, de 17 procedências diferentes, na região de Bauru – SP. Salienta-se, no caso destes tijolos, como mais um fator negativo (além do alto consumo de energia já abordado no capítulo introdutório) que o material é muito mais heterogêneo que o adobe, apesar de ser industrializado, haja vista os valores extremos encontrados, ou seja, a resistência média variou de 0,19 MPa (procedência “K”) até 1,84 MPa (procedência “O”).

Quando comparados com os tijolos maciços comuns, apesar de não se dispor do mesmo nível de informação apresentado para os “baianos”, deve-se destacar que a norma brasileira que trata das características mínimas deste material, a NBR7170 – Tijolo maciço cerâmico para alvenaria (ABNT, 1983b), prevê a classificação dos mesmos em três categorias, como apresentado na **tab. 6.02**. Por este sistema de classificação, todos os resultados encontrados no presente trabalho enquadrariam os tijolos de adobe como “categoria A” e, em algumas situações, até como “categoria B”.

**Tabela 6.01** Resultados médios de resistência à compressão ( $f_c$ ), massa específica aparente ( $\rho_{ap}$ ) e absorção de água (AA), para tijolos cerâmicos alveolares (“baianos”) de 8 furos, procedentes de cerâmicas da região de Bauru-SP (FARIA, 2002<sup>13</sup>).

ANO	Procedência	$\rho_{ap}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$f_c$ (MPa)	AA (%)
1994	A	1,59	0,55	22,80
	B	1,72	0,29	14,20
	C	1,51	0,30	22,80
	D	1,79	0,40	-
	E	1,79	0,41	-
1998	F	0,60	1,25	17,33
	G	0,66	1,43	21,02
1999	H	0,71	0,42	14,89
	I	0,60	0,27	20,41
2000	J	0,61	0,45	20,47
	K	0,62	0,19	20,51
2001	L	-	0,42	16,56
	M	-	0,33	20,70
2002	N	0,66	0,48	18,93
	O	0,57	1,84	20,83
	P	-	0,57	19,71
	Q	-	0,43	19,29
	<b>Média</b>	<b>0,97</b>	<b>0,59</b>	<b>19,36</b>
	<b>Desv. padrão</b>	<b>0,51</b>	<b>0,46</b>	<b>2,58</b>

**Tabela 6.02** Resistência mínima à compressão ( $f_c$ ), para tijolos maciços cerâmicos, em relação à categoria, segundo NBR7170, ABNT (1983b).

CATEGORIA	A	B	C
$f_c$ (MPa)	1,5	2,5	4,0

Como comentário final, é importante destacar que o adobe, apesar de ser um dos mais antigos materiais de construção manufaturados, ainda se

<sup>13</sup> FARIA, O. B. Resultados de ensaios realizados nas aulas da disciplina “Laboratório de Materiais de Construção Civil II”, do Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia, da UNESP-Bauru, entre 1994 e 2002, com amostras de 5 unidades de cada procedência. (Resultados não publicados anteriormente)

mostra atual e perfeitamente viável como material de construção totalmente ecológico, uma preocupação imperativa neste novo milênio, onde se busca a sustentabilidade do planeta, em todos os níveis da atuação humana. Sua utilização pode ser perfeitamente inserida em programas de manejo integrado de lagos eutrofizados, ou em vias de eutrofização, como alternativa de retirada e encapsulamento (ou solidificação / estabilização) de nutrientes e metais, indesejados no ecossistema, além de se constituir como alternativa de autoconstrução de habitações de interesse social (com baixo custo), cujo déficit é preocupante no Brasil.

Tendo em vista a importância e necessidade de se conhecer melhor este material, o adobe, e sua inserção num contexto mais amplo de desenvolvimento sustentável, alguns temas podem ser propostos como perspectiva para futuras pesquisas, tais como:

- correlacionar o aporte e a disponibilidade de nutrientes e metais na água, com a retirada pelas macrófitas/tijolos;
- avaliar o carreamento, e as concentrações das substâncias químicas, pela ação do intemperismo em paredes nuas construídas com o material; e
- avaliar o desempenho, no que diz respeito ao conforto térmico e acústico do material, comparando-o com outros materiais; entre outros.