

O USO DE PLACAS DE TETRAPAK COMO UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Nathiara Catharina Primo Nunes, Daniely Aparecida Machado da Silva, Luis Antonio Perrone Ferreira Brito,
Manoel Carlos Carvalho*

*Departamento de Arquitetura, Universidade de Taubaté, UNITAU, Taubaté, Cx Postal 476, Taubaté - SP, CEP 88040-900,
tel.: (12) 36254183*

*E-mail: labrito@bighost.com.br

*Recebido em 22 de junho de 2009
Aceito em 04 de dezembro de 2009*

RESUMO

A indústria da construção civil, devido a sua grande influência nas atividades econômicas, é responsável pelo consumo de matéria-prima não renovável em grande escala sendo, portanto parte fundamental para que se consiga um desenvolvimento sustentável. Os materiais reciclados surgem como opção para a preservação destes recursos. O sistema modular também se adapta as necessidades da construção sustentável já que seu processo construtivo resulta na racionalização da obra reduzindo perdas, custos facilitando a inserção do material no mercado. O objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema construtivo modular produzido com placas de argamassa de cimento, areia e caixas recicladas tetrapak. Foi desenvolvida uma proposta de planta padrão para uma residência com 45m² onde as vedações e divisórias internas são moduladas e construídas por placas pré-fabricadas de dimensões padronizadas. Estas placas foram produzidas com duas espessuras diferentes de maneira que se pudesse avaliar sua massa final e resistência a compressão. Os resultados obtidos foram comparados com NBR 6136 (2008) *Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos*. Um modelo de edificação foi construído neste sistema de maneira que se pudesse avaliar sua durabilidade, resistência as intempéries e conforto ambiental.

Palavras-chave: Material reciclado, sistema modular e edificação popular.

1 Introdução

As atividades humanas geram resíduos que tem como destino seu depósito no meio urbano, interferindo negativamente na paisagem resultando em problemas sociais, econômicos e ambientais. A construção civil, parte inseparável do desenvolvimento que gera bens e produz a infra-estrutura necessária para diversas atividades econômicas, é uma das atividades que mais consomem recursos naturais, dependendo da extração de matérias-primas naturais (areia, argila, madeira, ferro, minérios em geral e rochas) com excessivos gastos de energia e desperdício de materiais, produzindo montanhas de resíduos (argamassa, areia, cerâmicas, concreto, madeira, metais, papéis, plásticos, pedras, tijolos, tintas). Esta situação encontrou um empecilho favorável ao meio ambiente já que em julho de 2004, de acordo com a Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) [1], as prefeituras estão proibidas de receber os resíduos de construção e demolição em aterros sanitários. Outros materiais não ligados a construção civil também causam um impacto na qualidade de vida das cidades. Garrafas plásticas em geral (pets), pneus de automóveis, caixas tetrapak são resíduos que ainda não possuem uma indústria de

reciclagem desenvolvida, como por exemplo, as latas de alumínio.

Para minimizar estes problemas a indústria da construção deve fechar seu ciclo produtivo de tal forma que reduza a saída de resíduos e o consumo de matéria-prima não renovável. O resíduo deve ser encarado não como o fim do ciclo de consumo, mas como o início de um novo ciclo [2]. Este processo e conceito, de uma forma geral, aproximam a construção civil do desenvolvimento sustentável [3]. Os materiais alternativos surgem com o conceito do reaproveitamento e recuperação de recursos do fluxo de resíduos e, conseqüentemente visa reduzir o impacto causado no ambiente. Porém, esses materiais não podem deixar de ser analisados sob a ótica ambiental, averiguando o impacto dos produtos em seu processo de fabricação, devendo ser verificada a quantidade disponível da matéria prima a ser utilizada, se é suficiente para justificar o desenvolvimento de sistemas de manuseio, processamento e transporte; as distâncias de transporte envolvidas devem ser competitivas com os materiais convencionais; o material não deve ser potencialmente nocivo durante a construção ou posteriormente à sua incorporação na estrutura [4].

Uma forma de atingir os objetivos da construção sustentável é buscar a racionalização e a ordenação da construção civil na fabricação dos componentes, no projeto, na execução da

obra e mais tarde, na manutenção. No processo da construção civil, o projeto arquitetônico se torna um dos fatores principais para a racionalização de uma obra. O sistema de coordenação modular atinge essas necessidades, pois no caso do módulo de 10 cm, há a redução de custos em várias etapas do processo construtivo devido à otimização do uso da matéria-prima, à agilidade que confere no processo de projeto ou compra dos componentes, ao aumento da produtividade e à diminuição dos desperdícios e das perdas [5]. Os materiais pré-fabricados maximizam os benefícios sociais e reduzem o impacto ambiental e econômico, uma vez que os elementos estruturais industrializados são fabricados com controle de qualidade, maior durabilidade, menor desperdício na produção, menor variabilidade de características como resistência, dimensões; entre outros [6]. A utilização de materiais reciclados no processo construtivo, sejam oriundos da construção civil ou não, reduz a demanda por insumos não renováveis, como areia, brita e cimento, além de reduzir a pressão ambiental nas áreas destinadas ao descarte sendo uma alternativa de uso de materiais convencionais, os quais geram um impacto maior no ambiente devido a todo o seu processo de fabricação.

Assim a junção dos conceitos de projeto modular, pré-fabricação, e materiais reciclados reduzem a geração de resíduos na construção civil, diminuindo o custo de construção das edificações e evitando que haja um passivo ambiental crescente. É preciso considerar também os resíduos gerados pelos materiais reciclados no final de sua vida útil e na possibilidade de serem novamente reciclados, fechando assim o ciclo. Seguir um conceito onde se busca o menor impacto ambiental leva a resultados onde a união do material reciclado, o sistema modular e o baixo consumo de energia se mostrem eficaz.

As caixas tetrapak, são diariamente consumidas por toda a população, resultando num grande problema ambiental devido sua composição multifoliada, o que dificulta a decomposição, a reciclagem e o reprocessamento. Estes fatores geram uma abundante aglomeração de um material sem função após o seu uso. Por exemplo, a largura de um caixa tetrapak é de 6 cm, de maneira que se receber uma camada de argamassa de 2 cm de cada lado, totaliza 10 cm. Assim, com dimensões semelhantes a um tijolo de barro cozido, o material é condizente com as espessuras de paredes de vedações e divisórias internas normalmente já utilizadas no Brasil. Com essa proposta a caixa tetrapak recebe um destino útil e se torna matéria-prima e o sistema construtivo pode ser inserido dentro de painéis pré-fabricados de maneira e torná-los mais leves e diminuir o consumo de materiais não renováveis como cimento e areia. Além das vantagens já citadas há a possibilidade da estruturação da parede, melhoria do isolamento térmico e acústico, utilização de fundações rasas e baratas e redução do custo final de produção [7]. Estes painéis podem também ser construídos em regime de mutirão em cooperativas e que combinados com um sistema modular, gerariam edificações baratas e de boa qualidade. Desconsiderando o benefício ambiental/qualidade de vida, que

por si só pagaria qualquer investimento, o potencial construtivo é elevado, sendo que o poder público pode se tornar o grande usuário e parceiro no processo, administrando tais cooperativas e incorporando em seus programas de moradias sociais um produto mais barato, com maior conforto e qualidade ambiental [8].

O objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema construtivo pré-fabricado modular produzido com placas de argamassa de cimento, areia e brita, tendo como matéria prima as caixas tetrapak.

A proposta da elaboração deste sistema construtivo permite a sua fácil inserção em regime de mutirões, para a construção de residências populares, já que as placas moduladas podem ser fabricadas em quantidade e armazenadas de maneira que em poucos dias sejam unidas formando várias edificações.

2 Metodologia

Uma proposta de uma planta padrão de uma residência popular com 45m², com o sistema construtivo de placas moldadas *in loco*, com dimensões padronizadas e moduladas de acordo com as necessidades das paredes de vedação e das divisórias internas foi desenvolvida. Nesta constam a fundação, a distribuição dos espaços, a localização e dimensão das placas em função das esquadrias e projeto elétrico e hidráulico, de modo que se reduzissem improvisações, geração de entulho e consumo de matéria prima. A partir desta planta um protótipo foi construído no laboratório de obras do Departamento de Arquitetura da Universidade de Taubaté.

Para a montagem do protótipo foram coletadas caixas tetrapak através de colaboração de alunos da Universidade de Taubaté, estimulando a conscientização da reciclagem. Sua higienização foi feita simplesmente com água e sabão e secadas em temperatura ambiente. Com o armazenamento de um número adequado para os ensaios, as caixas foram fechadas com fita lacre em sua abertura, pois assim manteria a sua forma evitando deformações e a penetração de argamassa em seu interior.

Baseado no projeto modular foram executadas formas de madeira onde 3 colunas de caixas tetrapak foram posicionadas na vertical de modo a facilitar a estruturação da placa [8]. A forma também recebeu uma camada de óleo para facilitar o momento da desformação.

As caixas utilizadas possuíam dimensões de 7,2 x 7,2 x 20,5 cm e de 9,5x6x16,5 cm e foram distribuídas na forma de modo que tivessem espaçamento máximo de 0,5 cm entre si, espaçamento que foi conseguido com o auxílio de espaçadores de madeira, e 1 e 2 cm nas bordas para a placa de 8 e 10 cm de espessura respectivamente. O traço utilizado nas placas foi de 1:2:3 conforme dados da Tabela 1, tomando o cuidado de utilizar brita 0 na argamassa para que todos os espaços fossem devidamente preenchidos. Nas duas faces do molde foram colocadas telas metálicas de arame fino, fixadas nas caixas tetrapak com arame recozido liso - BWG18 (KG), de modo que melhorassem a aderência da argamassa às caixas e aumentasse

sua resistência. As Figuras 1 e 2 ilustram a montagem de algumas placas.



Figura 1 – Caixas tetrapak lacradas e envoltas na rela de arame antes de serem posicionadas na forma



Figura 2 – Lançamento da argamassa na forma com o posicionamento de espaçadores

As placas desenvolvidas também passaram por um ensaio de resistência a compressão. Para isto foram produzidas 6 amostras com duas espessuras diferentes de maneira que se pudesse avaliar em laboratório sua massa final e resistência a compressão. Na elaboração do protótipo foi preparada uma forma de madeira com dimensão de 60x60x10 cm e outra com 60x60x8 cm.

O teste de resistência foi realizado em uma Máquina Universal de Ensaio, tipo eletro-hidráulica com capacidade

máxima de 30000 Kgf do Laboratório de Construção Civil do Departamento de Engenharia Civil da UNITAU. As placas foram rompidas após 28 dias de cura da argamassa. Foram testadas 3 placas de cada modelo com dimensões de 60x60x8cm e 60x60x10cm, mais 1 placa de 60x60x10cm rompida no sentido inverso (caixas tetrapak posicionadas na horizontal), totalizando em 7 ensaios. Os resultados obtidos foram comparados com a NBR 6136 (2008) [9]. A Figura 3 ilustra uma das placas durante o ensaio de compressão.

Tabela 1 – Traço utilizado para a confecção das placas

	MATERIAL	PESO PARA MISTURA
Traço: 1:2:3	Cimento CII 32	25 kg
	Areia Média	0,036 m ³
	Brita 0	0,036 m ³
	Água	



Figura 3 – Teste de resistência a compressão após 28 dias de cura, da placa de dimensão de 60x60x10cm

3 Resultados e discussões

A planta modular desenvolvida é apresentada nas Figuras 4, planta baixa, Figura 5 corte transversal e Figura 6, vista frontal. Para racionalização da construção foi utilizada apenas uma parede hidráulica entre o sanitário e a cozinha. As medidas dos cômodos são moduladas, Figura 4, para que um mesmo formato de placa possa ser utilizado em vários locais distintos. Na Figura 6 é possível verificar a união entre as placas pré fabricadas que possibilitam sua amarração de maneira a conferir estabilidade estrutural e criar vãos para portas e janelas.

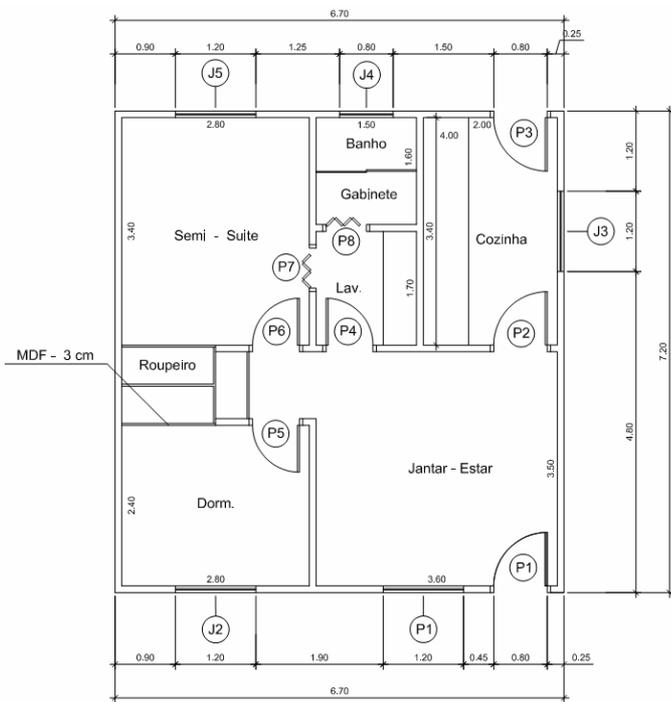


Figura 4 – Planta Baixa do projeto desenvolvido



Figura 5 – Corte transversal do projeto desenvolvido

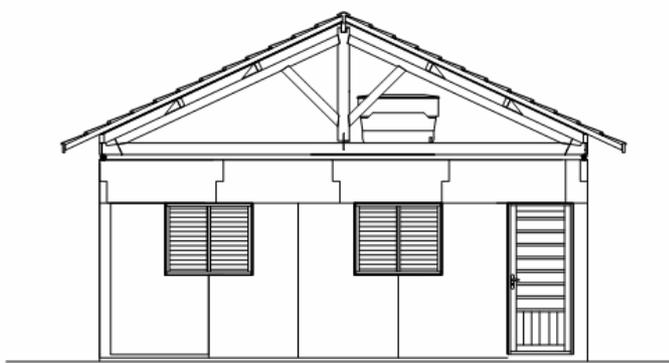


Figura 6 – Fachada Frontal – Disposição das placas pré-moldadas
 Os resultados médios entre as 3 amostras ensaiadas estão na Tabela 2 e mostram que a diminuição de 2 cm na espessura final da placa gera um grande efeito no peso, quase a metade, e reduz a resistência à compressão em 1,7 MPa.

Tabela 2 – Resultados obtidos no rompimento das placas

ENSAIO	DIMENSÃO (cm)	MASSA (Kg)	CARGA DE RUPTURA (Kgf)	TENSÃO RUPTURA (MPa)
1	60x60x10	41,81	16618	3,5 MPa
2	60x60x8	25,25	6789	1,8 MPa
NBR 6136	9x39x19	7,95		2,5 MPa

Nos resultados apresentados na Tabela 2 as caixas estavam posicionadas conforme ilustra a Figura 7 facilitando o caminho das forças.

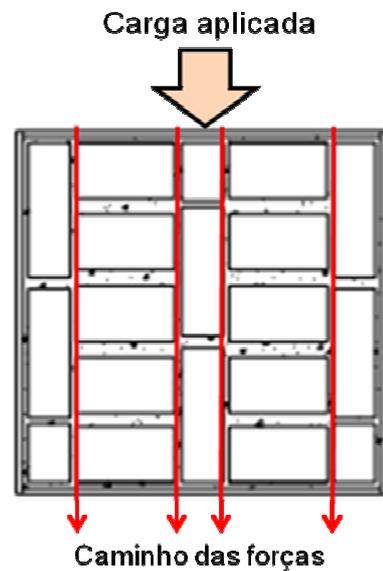


Figura 7 – Posicionamento das caixas tetrapak nos de mofo a facilitar o caminho das forças

A placa que foi ensaiada com um giro de 90°, de modo que a carga fosse aplicada transversalmente, apresentou uma brusca queda de resistência, diminuindo para 0,4 MPa, o que é justificável, pois as placas foram esmagadas com facilidade pela força de compressão aplicada.

As placas de 8 cm de espessura não atendem (1,8 MPa) a resistência mínima sugerida [9] de 2,5 MPa, mas indicam um caminho que possibilita reduzir a massa das placas. A continuidade deste trabalho será ensaiar placas com 9 cm de espessura final.

No quesito do conforto ambiental, as características da placa auxiliam na melhora térmica do ambiente. A placa tem seu interior oco, protegido pela película interna de alumínio presente na caixa tetrapak, conforme esquema da figura 8. Isso diminui a passagem de calor por radiação e o bolsão de ar característico no interior da placa, diminui a passagem de calor por condução aumentando a resistência térmica das vedações além de diminuir a capacidade de armazenamento de calor.

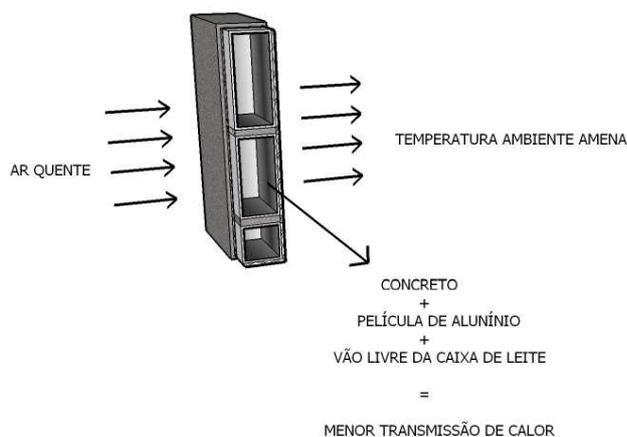


Figura 8 – Esquema da transmissão de calor nas placas propostas

O acesso aos materiais foi fácil, sendo que as caixas tetrapak foram acumuladas por colaboração dos estudantes do Departamento de Arquitetura da Universidade de Taubaté. Quanto à montagem das placas, o mais trabalhoso foi o ajuste das caixas tetrapak na forma com a tela de arame. O processo de execução é simples sendo que rapidamente se consegue a montagem das placas em um curto espaço de tempo. O acabamento da placa finalizada promove uma parede lisa que também dispensaria emboço e reboco. Uma leve camada de argamassa seria suficiente para deixar a parede em condições de receber a pintura final.

O custo final entre as placas é de aproximadamente R\$ 4,00 não considerando a forma de madeira. Em uma placa de 60x60cm foi reutilizado 19 caixas tetrapak, sendo que para a construção de uma residência de 45m² o número é de aproximadamente 5000 unidades.

4 Conclusões

Para se atingir a sustentabilidade na construção civil é preciso empregar os conceitos de reciclagem e sistema modular de forma unificada visando o menor impacto no ambiente.

O material alternativo desenvolvido se enquadra nos aspectos da questão ambiental por proporcionar um novo uso para toneladas de caixas tetrapak, que antes tinham como destino os aterros sanitários e depósitos de entulho. Cada residência de 45m² construída retira 5000 unidades do meio ambiente.

Os testes realizados mostram que as placas têm resistência mecânica para serem aplicadas em construções de pequeno porte, como vedação. O alcance da matéria-prima e a fácil execução possibilitam que o processo de construção adote um sistema semi-industrializado, com participação da população interessada em esquema de autoconstrução orientada, mutirão, na vedação dos ambientes das unidades, e ainda pode apresentar todo o processo participativo, inclusive na fabricação de montagem dos painéis. Neste caso, podem ser fornecidas as formas e as telas de armadura, e a concretagem, desforma e montagem podem ser orientadas por profissional coordenador no canteiro de obras.

Importante ressaltar que o projeto arquitetônico tem grande responsabilidade para que o sistema funcione sem desperdícios de material, tempo e custo. Sob a ótica da sustentabilidade, a utilização do sistema modular de construção, traz melhor aproveitamento dos componentes construtivos, conseqüentemente, aperfeiçoa o consumo de matérias-primas não renováveis, de energia para produção desses componentes e das sobras, em função dos inúmeros cortes que sofrem na etapa de construção, possibilita também, a individualização e ao mesmo tempo um projeto e uma produção com baixos níveis de perda e custos.

O sistema construtivo ainda confere conforto ambiental para a residência, devido à resistência térmica que a película de alumínio da caixa tetrapak proporciona, pois diminui a passagem de calor por radiação e o bolsão de ar característico no interior da placa, diminui a passagem de calor por condução.

THE USE OF TETRAPAK PLATES AS A SUSTAINABLE ALTERNATIVE FOR CIVIL CONSTRUCTION

ABSTRACT: Due to its strong influence over the economic activities, the civil construction industry is responsible for the large-scale consumption of non-renewable raw materials and by consequence being an important part of any sustainable development model. The recycled materials appear as an option for preservation of resources. The modular system also fits the necessities of the sustainable construction since its operative process results in a rationalization of needed man power, reducing losses, costs and facilitating the insertion of the recycled materials into the market. The objective of this work is to develop a modular constructive system which makes use of cement and sand plates and recycled tetrapak boxes. A project of a standard home of 45 m² of area was developed in way that the walls are modulated using plates of standardized dimensions. These plates were produced with two different thicknesses in order to evaluate their final masses and compression resistances.

The results obtained were compared to the NBR 6136 (2008) requisite *Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos*. A real model was constructed according to this system to evaluate its durability, resistance to weathering and ambient comfort.

Keywords: Recycled material, modular system and building popular.

Referências

- [1] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente; Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002 - Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil - **CONAMA**, 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em: 25 maio de 2008.
- [2] COSTA, C. E. **Incorporação de rejeitos na indústria cerâmica. Qualidade na construção**, n. 12, ano II. São Paulo: SindusCon, 1998. p. 44-46.
- [3] ÂNGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V. M. **Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de Resíduos na Construção Civil**, 2000.
- [4] ESTRELLA, S. P. **Diagnóstico de resíduos sólidos industriais em Santa Catarina - Perspectivas de uso na construção civil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: UFSC, 1996.
- [5] GREVEN H. A.; BALDAUF A. S. F. Coleção Habitare - **Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil** - Uma Abordagem Atualizada. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.habitare.org>. Acesso em 22 de maio de 2008.
- [6] TOKUDOME, M. **A sustentabilidade da indústria de pré-fabricados**. 1º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto pré-moldado. São Carlos, 2005
- [7] MACIEL, C. A.; CECÍLIA B. S.; NEUENSHWANDER R. **Programa de Arrendamento Residencial**. Menção Honrosa Premio Caixa/IAB, 2004.
- [8] OLIVEIRA, A. C. **Componente de Construção Civil Reciclado Resilix**, IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e Reciclagem na Construção Civil: Práticas Recomendadas, São Paulo, 2001.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos. Rio de Janeiro, 2008
- [10] DI PIETRO, J. E. **Critérios para otimização da produção e controle de qualidade para elementos pré-fabricados em concreto**. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba – PR, 2002.
- [11] JOHN, V. M.; - **Reciclagem de resíduos sólidos domésticos**. São Paulo - SP. 2000. Seminário EP-USP/ PCC.
- [12] JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000. 102p. Tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. [13] MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. - **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**; Pini, São Paulo, 1994. p. 296-309.
- [14] PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 189 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.