



III ENCONTRO NACIONAL I ENCONTRO LATINO-AMERICANO

Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995

CONSIDERAÇÕES SOBRE CONFORTO TÉRMICO EM EDIFICAÇÕES DE TERRA CRUA

Francisco de Assis Carvalho Ferraz Júnior, Arquiteto Professor
Instituição Moura Lacerda - Departamento de Arquitetura e Urbanismo
R.Pe.Euclides, 995 - 14085420 Ribeirão Preto - SP (016) 636 1010

RESUMO

Freqüentemente a literatura técnica destaca a excelência das características térmicas da terra quando empregada como material de construção devido à sua baixa condutividade térmica. No entanto, nem mesmo as referências mais importantes sobre essa área do conhecimento técnico-científico apresentam contribuições efetivamente significativas para sua aplicação e estudos mais aprofundados. Assim, este relatório apresenta uma revisão bibliográfica sobre o assunto, seguido de uma análise sobre o comportamento das edificações de terra, baseando nas características térmicas deste material e seus desdobramentos sobre o conforto dos usuários.

ABSTRACT

Technical literature has often pointed out the excellency of thermal characteristics of earth when employed as a building material, usually for buildings in tropical climate countries due to its low thermal conductivity. However, even major books on this technological-scientific knowledge area fail to present effective significant contributions for its application and more detailed study. This report, thus, presents a bibliographical review on the subject followed by an analysis on the behavior of earth building based on thermal characteristics of the material and consequences regarding thermal comfort of users.

PALAVRAS-CHAVE

Edifícios de terra, características térmicas; conforto térmico; recomendações ,

INTRODUÇÃO

Segundo UNITED NATIONS CENTRE FOR HUMAN SETTLEMENTS - Habitat (UNCHS-Habitat, 1989), entre 1960 e 1980 a população da América Latina aumentou de 107 para 236 milhões de pessoas e para o ano 2000, estima-se que essa população, somente em áreas urbanas, alcançará a marca de 420 milhões de um total de 546 milhões; em outras palavras, em apenas onze anos, mais de três quartos da população da América Latina se concentrará em centros urbanos. Atualmente, cerca de 40% da população já está vivendo em habitações inadequadas, sem infra-estrutura, ou em loteamentos clandestinos. Conforme Pesquisa contestada... (1994), uma pesquisa realizada pela FIPE demonstra que o déficit habitacional brasileiro é da ordem de 3,4 milhões de habitações; este valor foi obtido pela soma de valores atribuídos somente às demandas de unidades habitacionais necessárias para substituir as habitações precárias e para suprir a carência efetiva de habitações. Embora esses valores representem apenas 26,4% do déficit de 12,7 milhões de unidades normalmente admitidos, são ainda valores muito além da capacidade do governo de financiamento e produção de habitações, empregando materiais e técnicas convencionais.

Nesse contexto, o emprego da terra como material de construção de edificações de interesse social tem sido instantaneamente apontado como alternativa viável. Com efeito, a tecnologia de construção de edificações com terra crua, apresenta inúmeras possibilidades construtivas bem como vantagens, entre as quais, a obtenção de

um comportamento energeticamente eficiente desses edifícios. Contudo, embora a literatura técnica destaque com frequência a excelência das características térmicas da terra quando empregada como material de construção, - mormente em climas tropicais, - são poucos os estudos que permitem quantificar efetivamente tais características e mais raros ainda, os que relatam métodos para determinação ou dimensionamento dessas características. Assim, após extensa pesquisa bibliográfica, esse relatório pretende reunir dados existentes sobre esse assunto, de maneira a contribuir para a correta adequação das edificações de terra ao clima, com vistas à obtenção do conforto térmico do usuário, bem como eficiência energética do edifício.

QUADRO DE REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com DETHIER (1986), há mais de dez mil anos os homens constroem suas cidades a partir do emprego da terra como material de construção básico e segundo CENTRE INTERNATIONAL DE RECHERCHE ET D'APPLICATION POUR LA CONSTRUCTION EN TERRE (CRATerre, 1991), entre os inúmeros métodos de utilização da terra para a edificação, oito deles ainda são empregados a saber:

(a) *Adobe*. a terra no estado plástico e frequentemente reforçada com palhas ou fibras vegetais, é moldada em fôrmas de madeira na forma de um tijolo de dimensões maiores que os tradicionais tijolos de barro cozido, imediatamente desmoldado e seco ao sol; (b) *"Pisé" ou parede monolítica ou taipa de pilão*. a terra, à umidade ótima de compactação, - estabilizada ou não, - é prensada dinamicamente no interior de fôrmas desmontáveis, de maneira a erigir em diversas camadas, paredes autoportantes; ao término de uma camada, a fôrma pode ser desmontada imediatamente, possibilitando sua montagem para a compactação da camada superior, pois a camada recém compactada já apresenta resistência suficiente para suportar a compactação da camada a ser executada acima; (c) *"Terre-paille" ou terra-palha*. a terra umidecida até a consistência de barro muito plástico é adicionada sobre feixes de palha, de modo a formar uma película sobre esses feixes de palhas, que mantém seu aspecto original, sendo então colocada no interior de fôrmas desmontáveis, de maneira a erigir uma parede monolítica ao longo de uma estrutura previamente construída; (d) *"Torchis", taipa de sebe ou taipa de sopapo*. terras argilosas na consistência de barro plástico misturado com palhas ou outras fibras, são colocadas sobre uma trama de varas trançadas, presas a uma estrutura de madeira portante de maneira a preenchê-la totalmente. Na América Andina são conhecidas duas variações desta técnica, denominadas "quincha" e "bahareque"; (e) *"Shaped earth"*. a terra, na consistência plástica e reforçada pela adição de palha ou fibras é moldada à mão, sem o auxílio de ferramentas ou fôrmas, na forma de parede monolítica. (f) *"Cob"*. a terra, na consistência de barro plástico e frequentemente reforçada com a adição de palhas e fibras é moldada manualmente na forma de grandes bolas, as quais são colocadas em fiadas, assentadas umas sobre as outras, de modo a erigir uma parede monolítica. (g) *Tijolo de terra extrudada*. a terra umidecida, - estabilizada ou não, - é extrudada por uma máquina similar às máquinas utilizadas para a manufatura de tijolos de barro cozido comuns, porém, ao invés de serem queimados, os tijolos produzidos dessa maneira são secos ou curados em condições ambiente. (h) *Tijolos de terra prensada*. a terra à umidade ótima de moldagem e frequentemente estabilizada por algum aglomerante hidráulico ou orgânico, é prensada estaticamente na forma de tijolos ou blocos em prensas manuais ou motorizadas, que podem ser mecânicas ou hidráulicas e posteriormente, curadas à sombra, em condições ambiente.

O ESTADO DA ARTE

Segundo ETZION & SALLER (1987), na prática, paredes de terra têm condutividade térmica, somente um pouco menor que o concreto uma vez que, condutividade térmica é uma grandeza que depende da densidade do material, (e quanto mais denso um material, maior sua condutividade), e elementos construtivos produzidos com terra têm geralmente, densidades da ordem de 1800 a 2000 Kg/m³. Entretanto, como a tecnologia de construção com terra usualmente requer paredes espessas, (de 0,4 a 0,5m), sua condutividade térmica torna-se significativamente menor que a de uma parede de concreto com 0,2m de espessura. Ainda conforme estes autores, quando empregadas na construção de edifícios bioclimáticos, que utilizam a energia solar de modo passivo, as paredes de terra possibilitam o armazenamento de calor em regiões de clima frio. Com efeito, para CALDWELL (1986), em locais de clima seco com inverno frio e verão quente, as edificações bioclimáticas construídas com adobes, permitem seu aquecimento com substancial redução do consumo de energia, embora a construção das "solar adobe cavity wall" necessárias para uma boa performance técnica, requeira um custo inicial 18% superior a outros sistemas de aquecimento; contudo, se comparados em longo prazo, esse custo inicial superior torna-se muito vantajoso por causa da economia de energia.

De acordo com NORTON (1986) a terra tem baixo valor de coeficiente de condutividade térmica, da ordem de $0,5\text{w/m}^{\circ}\text{C}$ para paredes de adobes, quando comparados com valores da ordem de $1,21\text{w/m}^{\circ}\text{C}$ para tijolos de barro cozido comum, $1,44\text{w/m}^{\circ}\text{C}$ para concreto e $1,53\text{w/m}^{\circ}\text{C}$ para pedras, (calcáreo). A condutividade térmica sendo função da densidade do material, varia de acordo com a quantidade de ar, (que tem baixos valores de condutividade, da ordem de $0,026\text{w/m}^{\circ}\text{C}$), contido na terra. Assim, solos compactados e solos cujos vazios intergranulares foram preenchidos com um estabilizante, têm maior valor de coeficiente de condutividade térmica, da ordem de $0,6$ a $0,65\text{w/m}^{\circ}\text{C}$. A combinação dos fatores baixo coeficiente de condutividade térmica e espessura da parede determinam a inércia térmica expressa pela demora e atenuação observada para que uma temperatura externa seja transmitida para o interior de uma parede. Essa defasagem típica tem ± 6 horas para paredes de tijolos de terra prensada com $0,3\text{m}$ de espessura e ± 9 horas para uma parede de adobes com $0,5\text{m}$ de espessura.

Não obstante as informações anteriores que afirmam que paredes de terra, precisam ser grossas para apresentarem bom comportamento térmico, NEVES (1978), relata que o isolamento térmico proporcionado por uma parede de solo-cimento com $0,20\text{m}$ de espessura é equivalente ao de uma parede de $0,3\text{m}$ de espessura de tijolos de barro cozido comum. DOAT et alii (1986) foram pioneiros na tentativa de compilar os dados referentes às características térmicas e acústicas da terra; em seu relevante livro intitulado "Construir Em Terra", publicado inicialmente em 1979, relatam os seguintes valores para estas características consideradas para solos em geral:

Coeficiente de condutividade térmica. varia de $0,44$ a $0,57\text{Kcal/hm}^{\circ}\text{C}$

Calor específico. da ordem de $0,2\text{Kcal/Kg}$

Coeficiente de transmissão global (K). para terra estabilizada

- * parede de $0,2\text{m}$ de espessura: $1,6\text{Kcal/hm}^{2\circ}\text{C}$ ou $1,86\text{w/m}^{2\circ}\text{C}$
- * parede de $0,3\text{m}$ de espessura: $1,2\text{Kcal/hm}^{2\circ}\text{C}$ ou $1,39\text{w/m}^{2\circ}\text{C}$
- * parede de $0,4\text{m}$ de espessura: $1,0\text{kcal/hm}^{2\circ}\text{C}$ ou $1,16\text{w/m}^{2\circ}\text{C}$
- * parede de $0,5\text{m}$ de espessura: $0,8\text{kcal/hm}^{2\circ}\text{C}$ ou $0,93\text{w/m}^{2\circ}\text{C}$

Inércia térmica. defasagem de 8 a 12 horas com 10% de amortecimento para parede de terra com $0,4\text{m}$ de espessura.

Em recente trabalho, HOUBEN & GUILLAUD (1994), apresentam os seguintes valores para as características térmicas de (a) tijolos estabilizados com 8% de cimento prensado a $2,0$ a $4,0\text{Mpa}$; (b) tijolos estabilizados com 12 a 19% de cal e prensados a 30mpa ; (c) adobes; (d) paredes monolíticas compactadas a $90-95\%$ da energia proposta pelo ensaio de Proctor.

- *Tijolos de solo-cimento/tijolos de solo-cal*

- * calor específico (c): $0,65 < c < 0,85$ / não determinado (KJ/Kg)
- * coeficiente de condutividade (λ): $0,81 < \lambda < 0,93$ $\text{w/m}^{\circ}\text{C}$ e $0,93 < \lambda < 1,04$ $\text{w/m}^{\circ}\text{C}$
- * coeficiente de amortecimento (m): $5 < m < 10\%$ e $5 < m < 10\%$
- * coeficiente de defasagem (d): 10 a 12 horas e 10 a 12 horas

- *Adobe*

- * calor específico (c): $0,85\text{KJ/Kg}$
- * coeficiente de condutividade (λ): $0,46 < \lambda < 0,81\text{W/m}^{\circ}\text{C}$

- *Parede monolítica (estabilizada com 8% de cimento)*

- * calor específico (c): $0,65 < c < 0,85\text{KJ/Kg}$
- * calor de condutividade (λ): $0,81 < \lambda < 0,93\text{w/m}^{\circ}\text{C}$
- * coeficiente de amortecimento (m): $5 < m < 10\%$
- * coeficiente de defasagem (d): $10 < d < 12$ horas

Importa salientar que os valores referentes aos coeficientes de amortecimento e de defasagem descritos anteriormente, dizem respeito a paredes de $0,4\text{m}$ de espessura, considerada para qualquer das três técnicas construtivas mencionadas.

A EXPERIÊNCIA DO "CSTB"

No Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, (França), o engenheiro Jean-Paul Laurent desenvolveu um experimento cuja finalidade é modelar matematicamente um método prático para determinar os parâmetros que caracterizam termicamente a terra quando empregada como material de construção. embora recomende prudência quanto a uma possível generalização, o autor afirma que as evidências deixam claro que este método prático pode ser usado para todos os tipos de terra que tenham densidade de grãos próximos de 2.650Kg/m³ sem diferenças muito significativas nos resultados. Foram analisados onze tipos de solos, estudados sob a forma de corpos de provas na forma de cubos de 0,1m de aresta prensados estaticamente a 20MPa cujos parâmetros térmicos foram medidos por sondas de choque do tipo “Monotige” e “Bitige”. A seguir descreve-se o experimento do CSTB conforme LAURENT (1987) e LAURENT & QUENARD (1986).

Determinação do calor específico. dos onze tipos de solos selecionados inicialmente, nove deles foram ensaiados em um calorímetro diferencial, do tipo “CALVET” para determinação dos seus calores específicos. Os resultados foram bastante semelhantes, com desvio padrão médio de + 4%, tendo como limite de variação os valores, - respectivamente mínimo e máximo, - equivalentes a 807 a 897 J/Kg K ($\pm 5\%$ a 20°C). Assim, para todas as terras adotou-se o valor médio:

$$c \text{ da terra} = 830 \text{ J/Kg K } (\pm 5\% \text{ a } 20^\circ\text{C}) \quad (1)$$

Com a finalidade de analisar a influência da temperatura da terra, o solo identificado como “CD 300 n^o 2” teve seu calor específico determinado para temperaturas superiores a 20°C e embora não seja prudente uma generalização, ficou evidente um ligeiro aumento no valor do calor específico, constatando-se a validade da expressão do fenômeno pelo polinômio do segundo grau que se segue:

$$c \text{ da terra a } (T)^\circ\text{C} = 771 + 1.305.T + 1.023.10^{-3}.T^2 \text{ (J/Kg K)} \quad (2)$$

onde: T é a temperatura da terra
c é o calor específico da terra
e 30°C < T < 80°C

Para analisar tais valores para materiais compósitos que incorporam palhas vegetais, foram medidos os calores específicos de palhas de cevada e de feno que por sua natureza orgânica apresentam valores elevados como mostra o polinômio que se segue:

$$c \text{ da palha a } (T)^\circ\text{C} = 1.360 + 7,59.T + 5,467.10^{-3}.T^2 \text{ (J/Kg K)} \quad (3)$$

onde 30°C < T < 80°C

Dessa maneira, o calor específico de materiais compósitos de terra + palhas, (ou fibras), dependem do teor em massa de palhas e podem ser determinados por:

$$c \text{ do compósito seco} = (1-X) c \text{ da terra} + Xc \text{ da palha (J/KgK)} \quad (4)$$

onde: (1-X) é a massa de terra e X é a massa de palhas.

Determinação da capacidade calorífera. a partir do calor específico, pode-se ter uma boa estimativa da capacidade calorífica à seco de qualquer terra, multiplicando-se o valor da sua densidade seca pelo valor do seu calor específico como segue:

$$c \text{ da terra seca} = ds.0,83.10^6 \text{ (em J/m}^3\text{K)} \quad (5)$$

onde C é a capacidade calorífera e ds é a densidade seca da terra

As medições realizadas em função do teor de umidade com a ajuda de uma “sonda bitige”, demonstraram que pode-se admitir uma variação linear da capacidade calorífera da terra com um declive semelhante ao da capacidade calorífera da água, expressa por:

$$C(\theta) = C \text{ da terra seca} + \theta.C \text{ da água (em J/m}^3\text{K ou seja)} \quad (6)$$

$$c \text{ da terra úmida} = C \text{ da terra seca} + 4,18.10^6 \text{ (em J/m}^3\text{K)} \quad (7)$$

$$\text{para } \theta = w \cdot ds \quad (8)$$

onde: W é o teor de umidade em massa (kg/kg) e ds é densidade seca da terra

Determinação da condutividade térmica. a partir do emprego da sonda “monotige”, foram ensaiados 75 corpos de provas produzidos com 9 tipos de terra dos 11 tipos selecionados inicialmente. A densidade seca variou pouco, de 1.600 a 2.300 Kg/m³ demonstrando sua influência na condutividade térmica que variou de 0,3 a 1,4 W/mk, o que pode ser considerado resultado pouco disperso. Somente um tipo de solo, - uma laterita, - apresentou comportamento distinto, porém desde o início, uma vez que foi o único a apresentar densidade dos grãos da ordem de 3200kg/m³ quando todos os outros dez tipos apresentaram densidade de grãos da ordem de 2.650kg/m³, valor este, muito semelhante ao do quartzo. Esta correlação densidade seca/condutividade térmica sugere que a porosidade do material deve ser levada em consideração na determinação da condutividade térmica, podendo ser determinada pela equação:

$$n = 1 - ds/dg \quad (\text{em } \%) \quad (9)$$

Sendo, “n” a porosidade, “ds” a densidade seca e “dg” a densidade dos grãos.

Para modelisar o que foi dito, foi empregada uma equação elementar traduzida por uma lei exponencial, já empregada por KERSTEN, para solos que pode ser expresso por:

$$\lambda = A \cdot 10^{B \cdot ds} \quad (10)$$

$$\text{ou ainda, } \lambda = A' \cdot 10^{B' \cdot n} \quad (11)$$

onde, “n” é a porosidade e, é a “A”, “B”, “A’”, “B’” são coeficientes, tabelados, calculados por regressão sobre as cruvas:

$$\lambda = f(ds) \quad \text{ou,} \quad (12)$$

$$\lambda = f(n) \quad (13)$$

Por regressão de todos os dados de todas as terras analisadas simultaneamente, obteve-se a relação de uso prático que se segue, para a estimação da condutividade térmica seca:

$$\lambda \text{ terra seca} = 2,97 \cdot 10^{-1,769 \cdot n} \quad (\text{em w/mk}) \quad (14)$$

para $0,15 \leq n \leq 0,45$

Quanto à influência do cimento portland nos materiais de construção à base de terra estabilizada, a análise dos resultados de medida de condutividade de térmica efetuados em corpos de porvas secos conduz às seguintes observações: (a) com a taxa e cimento constante, a relação entre condutividade térmica e densidade seca do material produzido segue sempre uma lei exponencial do tipo da Lei de KERSTEN, e (b) a condutividade térmica de um material compósito do tipo solo-cimento é ligeiramente inferior à condutividade de um material produzido à mesma densidade, com a mesma terra, porém, sem a estabilização com cimento, provavelmente porque a introdução do cimento diminui o teor em quartzo e portanto a contigüidade da fase sólida; por outro lado, o acréscimo do teor de cimento para uma densidade constante, aumenta efetivamente a contigüidade da fase sólida/sólida, todavia, quanto ao que diz respeito à condutividade térmica, este efeito é muito menos importante do que aquele obtido pela compactação da terra. Quando tratados simultaneamente todos os dados referentes aos resultados obtidos para materiais de terra não estabilizada, com densidade de grãos próximos à 2.650kg/m³, pode-se constatar a possibilidade de propor uma lei única que poderá ser usada quando não se possui outras informações sobre um “material terra”, além da sua densidade seca:

$$\lambda \text{ da terra seca} = 0,103 \cdot 10^{0,517 \cdot ds} \quad (\text{em w/mk}) \quad (15)$$

para $dg=2.650\text{kg/m}^3$ e para $500 \leq ds \leq 2.200 \text{ kg/m}^3$

A GUIA DE CONCLUSÃO

Atualmente, por imperativos de ordem econômica e ambiental, à busca por conforto térmico para usuários, tem sido somada à preocupação em direção à eficiência energética nas edificações, esta, estreitamente relacionada à adequação do edifício ao clima local, bem como, ao comportamento dos materiais de construção que devem ser criteriosamente selecionados para sua construção. Assim, o comportamento térmico do edifício está intimamente ligado não somente à sua forma arquitetônica mas também às características térmicas dos materiais com que são construídos. Considerando que as características térmicas dos componentes construtivos tais como: (a) calor específico, (b) capacidade calorífica (c) condutividade térmica, (d) resistência térmica e (e) inércia térmica, dependem fundamentalmente da natureza do material, da sua própria densidade e espessura, infere-se que o emprego da terra como material de construção, por meio de seus diferentes modos de utilização que se traduz em diversas técnicas construtivas, pode oferecer aos diferentes tipos climáticos, alternativas viáveis para a construção de edifícios bioclimáticos energeticamente eficientes.

Com efeito, tijolos prensados e paredes monolíticas estabilizadas, empregados na construção de paredes com dimensões usuais, (0,1 a 0,2m), apresentam desempenho térmico semelhante ao de tijolos de barro cozido comuns, podendo ser utilizados com vantagens em climas sub-tropical úmido de altitude, [segundo PIETROBON (1990), marcado por duas estações bem definidas sempre com dias quentes e noites frias no inverno], onde são necessárias paredes de média intensidade de inércia térmica expostas ao sol no inverno e protegidas da insolação no verão. Em climas quentes e úmido, de acordo com PIETROBON (1990), característicos pela predominância de duas estações e pequena amplitude de temperatura diuturna, são recomendadas paredes leves, protegidas do sol, com pequena intensidade de inércia térmica como as paredes de taipa. No entanto, em climas quente e seco, caracterizados por uma única estação e com grande variação de temperatura diuturna, são recomendadas paredes de grande massa e conseqüentemente com grande intensidade de inércia térmica, para amortecer e retardar o calor ganho durante o dia, de maneira a atingir o interior do edifício somente à noite, quando as temperaturas são altas. Paredes de adobe autoportantes são indicadas para estes casos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CALDWELL, P.M. The use of adobe indirect gain passive soloir construction. In: TRIENNIAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL COUNCIL FOR BUILDING RESEARCH, STUDIES AND DOCUMENTATION, 10, Washington, 1986. Advancing Building Technology-Proceedings. Gaithersburg, 1986. v.7, p.9132-40.
- CENTRE INTERNACIONAL DE RECHERCHE ET D'APPLICATION POUR LA CONSTRUCTION EN TERRE. Grenoble. The basics of compressed earth blocks. Eschborn, German Appropriate Technology Exchange, 1991. 27p.
- DETHIER, J. Des architectures de terre - l'avenir d'une tradition milénaire. Paris, CCI, 1986. 192p.
- DOAT, P.; HAYS, A.; HOUBEN, H.; MATUK, S.; VITOUX, F. Construire en terre. 3 ed. atual. Paris, Editions Alternatives, 1986. 287p.
- ETZION, Y.; SALLER, M. Earth construction - a review of needs and methods. Architectural Science Review, 30 (2): 43-8, jun. 1987.
- HOUBEN, H.; GUILLAUD, H. Earth construction : a comprehensive guide. Londres, Intermediate Technology Publications, 1994. 362p.
- LAURENT, J.P. Propriétés thermiques du materiau terre. Cahiers du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment. Paris, 279 (2156): 01-17, mai, 1987.
- LAURENT, J.P.; QUÉNARD, D. Thermal properties of earth building material: field assessing methods variability. In: TRIENNIAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL COUNCIL FOR BUILDING RESEARCH, STUDIES AND DOCUMENTATION, 10, Washington, 1986. Advancing Building Technology - Proceedings. Gaithersburg, 1986. v.6, p. 2122-30.
- NEVES, C.M.M. Transmissão de calor no solo-cimento. Boletim Técnico - CEPED. Camaçari; 5, (1/3): 39-58, jan/jun. 1978.
- NORTON, J. Building with earth. Rugby, Intermediate Technology Publications, 1986. 68p.
- PESQUISA contesta déficit habitacional. Projeto. São Paulo (180): p. 10, nov. 1994.
- PIETROBON, C.E. Um processo sistemático para o projeto arquitetônico bioclimático: o caso de Maringá. São Carlos, 1990. 2v. (Dissertação de Mestrado- Escola de Engenharia de S.Carlos/USP).
- UNITED NATIONS CENTRE FOR HUMAN SETTLEMENTS (Habitat). Executive summary of housing for the poor in Latin America: preliminary considerations. Nairobi, United Nations Centre for Human Settlements, 1989. 23p.