UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA
EP-FEA-IEE-IF

FELIPE DE ALBUQUERQUE SGARBI

MODELOS DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA RESIDENCIAL E O ACESSO A SERVIÇOS ENERGÉTICOS LIMPOS: UMA ANÁLISE A PARTIR DE DOIS ESTUDOS DE CASO

SÃO PAULO
2013

FELIPE DE ALBUQUERQUE SGARBI

MODELOS DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA RESIDENCIAL E O ACESSO A SERVIÇOS ENERGÉTICOS LIMPOS: UMA ANÁLISE A PARTIR DE DOIS ESTUDOS DE CASO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo (Escola Politécnica / Faculdade de Economia e Administração / Instituto de Energia e Ambiente / Instituto de Física) para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. André Felipe Simões

Versão Corrigida

(versão original disponível na Biblioteca da Unidade que aloja o Programa e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP)

SÃO PAULO
2013

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Sgarbi, Felipe de Albuquerque.
Modelos de transição energética residencial e o acesso a serviços energéticos limpos : uma análise a partir de dois estudos de caso. / Felipe de Albuquerque Sgarbi.; orientador André Felipe Simões . – São Paulo, 2013.
75 f.: il.; 30cm.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Energia) – EP / FEA / IEE / IF da Universidade de São Paulo.

1.Fontes alternativas de energia 2. Acúmulos de Combustíveis 3.Energia de biomassa .Carvão vegetal .I.Título.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA
EP – FEA – IEE - IF

FELIPE DE ALBUQUERQUE SGARBI

"Modelos de transição energética residencial e o acesso a serviços energéticos limpos: uma análise a partir de dois estudos de caso"

Dissertação defendida e aprovada pela Comissão Julgadora:

Prof. Dr. André Felipe Simões – PPGE/USP

Orientador e Presidente da Comissão Julgadora

Prof. Dr. Ildo Luis Sauer – PPGE/USP

Prof. Dr. Emílio Lèbre La Rovere - UFRJ

Ao meu querido avô Frederico,

exemplo de que o trabalho e a busca incessante pelo conhecimento

não só nos enobrecem, mas nos fazem mais felizes.

AGRADECIMENTOS

Felizmente, muitos nomes devem ser mencionados nesta seção. Não fosse o envolvimento das diferentes pessoas com quem tive o prazer de conviver ao longo dos últimos dois anos, certamente esta dissertação não possuiria a mesma qualidade que, segundo a humilde opinião do autor, ela possui.

Inicialmente, agradeço ao Prof. Edmilson Moutinho pelas aulas inspiradoras e orientação inicial do trabalho de disciplina que despertou meu interesse pelo tema tratado nesta dissertação. Também é dele o mérito de ter promovido o meu encontro acadêmico com o Prof. André Felipe Simões, que veio a se tornar meu orientador e grande amigo. Ao Prof. André agradeço pela sábia e competente orientação, dedicação e amizade. Seu constante apoio e entusiasmo pelo processo de construção do conhecimento científico enriqueceram de muitas maneiras o período durante o qual me dediquei a este mestrado. Estendo meus agradecimentos aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Energia (PPGE) que, cada um à sua maneira, contribuíram para minha formação e crescimento intelectual. Agradeço também ao corpo administrativo do PPGE pelo apoio, em especial à Renata Boaventura, indispensável em tantos momentos.

Ao Prof. Omar Masera, da *Universidad Nacional Autónoma de México* (UNAM), agradeço por ter me recebido tão gentilmente em seu laboratório e pela valiosa parceria acadêmica. Também merece menção toda a equipe do *Laboratorio de Bioenergía* e da unidade *Ecotec* da UNAM, além dos demais amigos de Morelia, que transformaram minha estadia no México uma experiência pessoal e profissional inesquecível.

Às muitas e boas amizades que construí em São Paulo agradeço pelas oportunidades de trocas de idéias, debates, discussões e, é claro, pela companhia nas inúmeras incursões aos bares, botecos e pizzarias da cidade. Aos amigos de Belo Horizonte agradeço pelas visitas, companheirismo e presença constante no meu dia a dia (ainda que muitas vezes à distância). Agradecimentos especiais ao Lucão, grande amigo que me recebeu de portas abertas no já saudoso apartamento do Ipiranga.

Ao Guilherme Hirata agradeço pela competente e gentil ajuda nas análises de dados apresentados no capítulo 2 deste trabalho.

Ao Rogério Miranda agradeço pelas trocas de informações, amizade e por gentilmente ceder as fotos apresentadas no capítulo 2 deste trabalho.

Finalmente, agradeço à minha querida família pelo amor, carinho e constante apoio aos meus planos.

RESUMO

SGARBI, Felipe de Albuquerque. **Modelos de transição energética residencial e o acesso a serviços energéticos limpos: uma análise a partir de dois estudos de caso.** 2013, 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

A transição energética residencial começou a receber especial atenção da comunidade científica nos anos 1970 e 1980, quando se acreditava na ocorrência iminente da "Crise da Lenha". Na época, temia-se que o corrente ritmo de consumo de biomassas sólidas em países em desenvolvimento ultrapassaria a capacidade de produção primária dos ambientes naturais, com sérias consequências para as camadas menos abastadas da população destes locais, que se veriam em uma situação de escassez de fontes de energia. Apesar de esta crise nunca haver, de fato, se concretizado, a preocupação com a sua potencial ocorrência estimulou o desenvolvimento de modelos que visavam à interpretação do fenômeno da transição energética residencial decorrente do processo de urbanização e aumento de renda dos usuários finais. Tal interesse culminou na elaboração do modelo da "Escada Energética" que, de uma maneira geral, previa que o abandono de fontes de energia tradicionais e a adoção de fontes de energia modernas era o resultado do aumento do status social da população. Inicialmente, a Escada Energética se estabeleceu como principal modelo de transição energética residencial. À medida que novos estudos foram desenvolvidos, entretanto, evidências passaram a sugerir que diversos fatores envolvidos na transição energética em países em desenvolvimento não podiam ser explicados pelo modelo. Estas evidências subsidiaram a concepção do modelo do "Acúmulo de Combustíveis", segundo o qual a diversificação, e não a substituição, de energéticos seria o resultado do desenvolvimento social da população. Atualmente, não existe consenso sobre qual modelo melhor reflete o fenômeno da transição energética residencial. Como consequência, políticas públicas de acesso a energia e serviços energéticos limpos baseadas nestas diferentes interpretações possuem características e resultados distintos. Neste contexto, o presente trabalho pretende contribuir para a discussão sobre qual modelo de transição energética melhor reflete a realidade dos consumidores residenciais de energia de países em desenvolvimento a partir da apresentação de dois estudos de caso que retratam diferentes facetas da questão. As análises elaboradas indicam que o modelo do Acúmulo de Combustíveis consegue representar com maior fidelidade o fenômeno da transição energética

residencial e que políticas públicas estruturadas segundo seu arcabouço teórico podem contribuir mais eficazmente para a melhoria das condições de vida da população.
Palavras-chave: Escada Energética, Acúmulo de Combustíveis, modelos de transição energética, lenha, fogões aprimorados.

ABSTRACT

SGARBI, Felipe de Albuquerque. **Residential energy transition models and the access to clean energy services: an analysis based on two case studies**. 2013, 75 p. Master's Dissertation – Graduate Program on Energy, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

The residential energy transition began to receive special attention from the scientific community in 70's and 80's, when a "Fuelwood crisis" was believed to be imminent. At the time, it was feared that the current rhythm of solid biomass consumption would not keep pace with the primary productivity of the forests and other sources of fuelwood, with severe consequences striking the least wealthy households, who would face an energy shortage. Although the referred crisis never really happened, the concern with its potential occurrence stimulated the development of models aiming at interpreting the energy transition phenomenon provoked by the urbanization process and the increase in income of households. Such interest culminated in the elaboration of the "Energy Ladder" model, which indicated that the abandonment of traditional energy sources and the adoption of modern ones was the result of the increase of the social status of the population. Initially, the "Energy Ladder" established itself as the main residential energy transition model. As new studies were being developed, however, evidences suggesting that different factors related to the energy transition in developing countries couldn't be explained by the model were found. These evidences supported the conception of the "Fuel Staking" model, according to which diversification, instead of substitution, resulted from the social development of the population. Currently, there is no consensus on which model better represents the residential energy transition. As a consequence, public policies focused on clean energy and energy services access based on these different interpretations have different characteristics and results. In such context, this work intends to contribute to the discussion on which energy transition model better reflects the reality of households in developing countries by presenting two case studies showing different aspects of the thematic. The analysis presented suggests that the Fuel Stacking model can better represent the residential energy transition phenomenon and that public policies structured according to its theoretical framework are more effective in contributing to increase the living standards of the population.

Keywords: Energy ladder, fuel stacking, energy transition models, fuelwood, improved cookstoves.

SUMÁRIO

1 – Introdução 11

2 – O uso residencial da lenha no Brasil: status atual, impactos e estratégias para a promoção da sua sustentabilidade 21

2.1 – Introdução 21

2.2 – Metodologia 24

2.3 – Desenvolvimento 25

2.3.1 - O perfil do consumo de lenha no Brasil 25

2.3.2 - O papel dos fogões aprimorados na mitigação dos impactos socioambientais decorrentes do uso inadequado da lenha 32

2.3.3 - Programas de disseminação de fogões aprimorados no Brasil 36

2.4 – Conclusões 39

3 - Opção energética no setor de cocção comercial - uma análise panorâmica focada na cidade de São Paulo 43

3.1 – Introdução 43

3.2 – Metodologia 45

3.2.1 – Local de Estudo - Espacialização 45

3.2.2 – Levantamento e Análise de Dados 48

3.3 – Resultados 49

3.4 – Discussão 50

3.4.1 – O mercado consumidor e a opção energética do setor de cocção comercial 50

3.4.2 - O combustível e a qualidade do alimento 51

3.4.3 - Aspectos técnicos e logísticos associáveis ao uso da lenha 52

3.4.4 - Urbanização e o setor cocção comercial 54

3.4.5 - O papel da mulher na opção energética em grandes cidades 55

3.4.6 – Externalidades Ambientais 56

3.5 – Conclusões 58

4 – Considerações Finais 61

5 – Referências Bibliográficas 69

1 – Introdução

A relação entre o aumento do status social da população e o seu padrão de consumo energético é uma importante temática no âmbito dos estudos que investigam aspectos sociais do uso da energia. Os modelos de transição energética residencial, neste contexto, se apresentam como importantes ferramentas utilizadas para sistematizar a miríade de evidências geradas por trabalhos que investigam as mudanças de hábitos de consumo energético, no que diz respeito às fontes de energia utilizadas, decorrentes do processo urbanização e aumento de renda da população. Atualmente, entretanto, não existe um consenso acerca do modelo de transição energética que melhor representa a realidade do setor residencial. Os mecanismos determinantes da opção energética doméstica e o papel das fontes de energia tradicionais e modernas resultantes deste processo de escolha constituem, de uma maneira geral, nas principais divergências existentes entre os envolvidos na discussão. Tais discordâncias estão refletidas nas duas hipóteses mais utilizadas para interpretar este processo, conhecidas como "Hipótese da Escada Energética" (*Energy Ladder Hypothesis*) e "Hipótese do Acúmulo de Combustíveis" (*Fuel Stacking Hypothesis*). Na medida em que programas que visam à promoção do acesso a energia e usos finais limpos se estruturam a partir do arcabouço teórico proposto por estes modelos, estudos voltados para o debate sobre a validade de cada um deles podem contribuir para o aumento da eficácia de políticas públicas desta natureza voltadas para a população de baixa renda.

Concebidos em diferentes momentos, os dois modelos em referência apresentam, de certa maneira, uma relação de linearidade entre eles. Na origem desta relação está o fato de que o modelo do Acúmulo de Combustíveis surgiu a partir da constatação, por parte de alguns cientistas, de que o modelo da Escada Energética, concebido anteriormente, não era capaz de explicar satisfatoriamente algumas das evidências encontradas em estudos sobre hábitos de consumo residencial de energia (MASERA; NAVIA, 1997; MASERA; SAATKAMP; KAMMEN, 2000). Neste sentido, o modelo do Acúmulo de Combustíveis buscou o aprimoramento de seu predecessor, alicerçando-se em uma base teórica robusta o suficiente para abarcar os fenômenos relacionados à transição energética residencial observada nos países em desenvolvimento. Uma breve revisão do histórico da criação destes modelos é apresentada a seguir.

A década de 1970 ficou marcada pelas duas "Crises do Petróleo", ocorridas em 1973 e no período 1979-1980. A primeira delas, iniciada em outubro de 1973, originou-se a partir de

uma série de ações adotadas pelos países árabes integrantes da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) contra os Estados Unidos, Japão e outros países da Europa, que apoiavam o estado de Israel na "Guerra do *Yom Kippur*" (KESICKI, 2010). O "Embargo do Petróleo", como ficou conhecido o episódio, consistiu na redução da produção total de petróleo em 5%, assim como na redução da quantidade de petróleo vendido aos países alinhados à política Israelense, resultando na triplicação do preço do produto no mercado internacional (SHIBATA, 1983). A segunda crise do petróleo teve origem na revolução islâmica do Irã, iniciada em 1978. A instabilidade política do país afetou a sua produção de petróleo, que passou de 6 milhões de barris por dia (Mb/d) em 1978 (relativo à cerca de 10% da produção mundial de petróleo na época) para 1 Mb/d em 1980 (KESICKI, 2010). A redução da oferta de petróleo no mercado internacional levou seu o preço a quase triplicar, novamente, em 1981 (KESICKI, 2010).

A crise de 1973 e suas profundas implicações nas economias mundiais, provocadas pela momentânea escassez do petróleo e a consequente elevação de seu preço, levaram muitos cientistas a voltarem suas atenções para estudos de balanço e oferta de diferentes fontes de energia (ARNOLD et al., 2003; XIAOHUA; ZHENMIN, 2003). Um dos resultados deste movimento foi o fortalecimento da percepção de que a produtividade primária dos ambientes naturais de muitos países em desenvolvimento - principalmente aqueles onde combustíveis tradicionais desempenhavam um relevante papel na estratégia energética de muitos consumidores residenciais - não seria capaz de atender à crescente demanda por lenha (ECKHOLM, 1975; TROSSERO, 2002). A alta dos preços do petróleo contribuiu para a projeção de um drástico cenário em que cerca de metade da população mundial se veria em situação de escassez de uma fonte de energia utilizada para serviços domésticos básicos como cocção, aquecimento de água e do ambiente sem que houvesse fontes alternativas de energia economicamente viáveis (FAO, 2013). A degradação ambiental provocada pela exploração intensiva de lenha e outras formas de biomassa e os impactos socioeconômicos sobre a população dependente deste combustível, em especial habitantes de áreas rurais de baixa renda, eram os vistos como principais desencadeamentos da chamada "Crise da Lenha" (ECKHOLM, 1975). Visando à reversão dos efeitos negativos da escassez generalizada deste combustível, medidas como o estabelecimento de grandes plantações de essências florestais em locais próximos a grandes centros consumidores de lenha e o estímulo ao cultivo comunitário ou familiar em regiões com menor densidade humana foram propostas e largamente financiadas, seja por doações ou por fundos governamentais. (ARNOLD;

PERSSON, 2003). Além destas iniciativas, a substituição da lenha por outras fontes de energia e a adoção de fornos a lenha mais eficientes também foram apontadas como potenciais ações mitigadoras da crise (ARNOLD et al., 2003).

Contrariando as previsões de oferta e demanda de lenha elaboradas durante a década de 1970, que indicavam a iminente escassez do combustível, a esperada crise, de fato, nunca ocorreu (TROSSERO, 2002). A narrativa que previa o déficit de oferta sustentável de lenha foi considerada por alguns autores demasiada simplista e alarmista (ZULU, 2010). Diferentes fatores são citados para explicar porque as previsões falharam ao superestimarem o déficit de lenha. Do ponto de vista da demanda, o rápido processo de urbanização de alguns países, acompanhado pelo aumento de renda da população, resultou na desaceleração do crescimento do consumo de lenha (ARNOLD; PERSSON, 2003). Já do ponto de vista da oferta, as previsões ignoraram o fato de que a lenha e outras biomassas sólidas eram obtidas a partir de diferentes fontes (sistemas agroflorestais, pomares, reservas florestais comunitárias, áreas degradadas etc.) e não apenas de remanescentes florestais nativos. Além das diferentes formações vegetais utilizadas como fontes de biomassa, tampouco se considerou que os usuários residenciais não se restringiam a espécies arbóreas (também utilizavam arbustos, resíduos agrícolas, esterco) e que grande parte do material já estava morta no momento da coleta, ou seja, consistem em galhos e troncos secos (TROSSERO, 2002).

Apesar de a "Crise da Lenha" não ter se concretizado, o grande volume de informações produzidas ao longo do período em que se acreditava na sua ocorrência contribuiu para a geração de um amplo conjunto de dados sobre os padrões de consumo de combustíveis tradicionais em países em desenvolvimento (ou países do "terceiro mundo", como eram chamados nas décadas de 1970 e 1980). Estas informações subsidiaram análises mais amplas que visavam à melhor compreensão do fenômeno da transição energética residencial nestes países, em especial a relação entre fatores econômicos, urbanização e o padrão de consumo energético de famílias.

Neste contexto surgiu a hipótese da Escada Energética (HOSIER; DOWD, 1987), segundo a qual fontes de energia tradicionais são substituídas por fontes energéticas mais modernas e sofisticadas à medida que o crescimento econômico ocorre e comunidades rurais se urbanizam (LEACH, 1992; SMITH et al., 1994). Representada graficamente por uma escada em que os degraus inferiores são compostos por combustíveis tradicionais e os superiores por combustíveis mais "sofisticados" ou "modernos", a hipótese determina que usuários residenciais "sobem" a Escada Energética à medida que suas condições econômicas

melhoram e seus hábitos de vida se distanciam daquele típico do meio rural. Os combustíveis que compõem os degraus da Escada Energética variam de acordo com as características geográficas do local e, consequentemente, com as fontes de energia disponíveis (SMITH et al., 1994). De uma maneira geral, o primeiro degrau é constituído por algum tipo de biomassa sólida ou carvão vegetal, enquanto a eletricidade é representada como o ápice da escada, ou o combustível final do processo de transição. Querosene e gás liquefeito de petróleo (GLP), por exemplo, constituem os degraus intermediários da escada. O continente asiático constitui um exemplo didático de diferenças nas camadas inferiores de escadas energéticas. Enquanto na porção sul o esterco constitui o combustível mais "básico", seguido de resíduos agrícolas e lenha (SMITH et al., 1994), na porção sudeste a lenha e carvão vegetal, ao invés do esterco, compõem o primeiro degrau da escada (NANSAIOR et al., 2011). A Figura 1 apresenta uma típica Escada Energética do sul da Ásia.

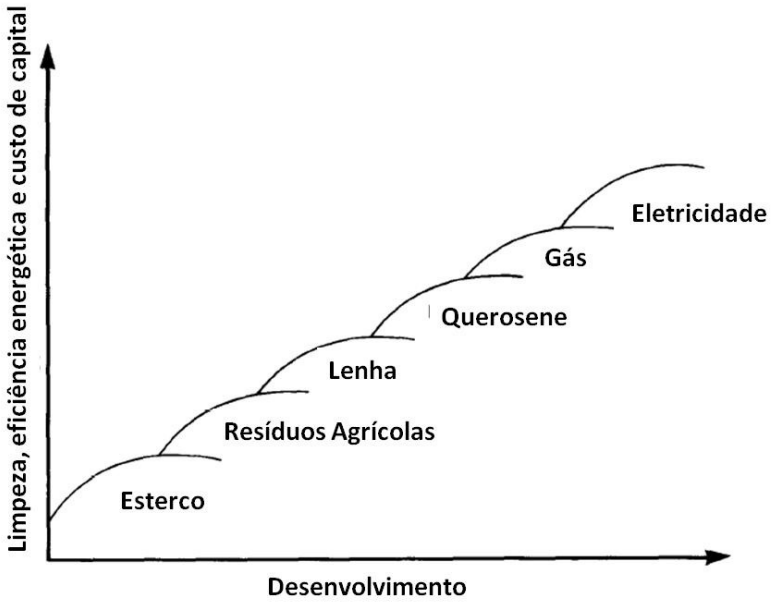

Figura 1.1 - Típica Escada Energética do sul da Ásia. Adaptado de Smith et al., (1994).

De acordo com a concepção original da hipótese, a evolução da Escada Energética é responsável por uma mudança cultural caracterizada pelo abandono de antigos hábitos relacionados ao emprego de combustíveis tradicionais (*e.g.* busca por lenha, cocção em fornos tradicionais pouco eficientes, utilização de velas) e pela incorporação de fontes energéticas mais modernas e eficientes como GLP, querosene e eletricidade. Neste caso, a adoção de combustíveis mais modernos implica na redução dos impactos sobre a saúde humana e o meio

ambiente (FOELL et al., 2011; GOLDEMBERG et al., 2004; OUEDRAOGO, 2006; POHEKAR; KUMAR; RAMACHANDRAN, 2005; SMITH et al., 1994; TOONEN, 2009).

O modelo clássico da substituição linear de fontes de energia proposto pela hipótese da Escada Energética, entretanto, passou a ser questionado à medida que evidências indicando que o fenômeno de transição energética ocorria de maneira mais complexa do que originalmente teorizado foram encontradas. Além de fatores econômicos, a opção energética residencial também seria influenciada por fatores culturais, sociais, de segurança energética e estaria condicionada à capacidade de o "novo combustível" atender à demanda por determinado serviço energético de forma satisfatória (MASERA; NAVIA, 1997; MASERA; SAATKAMP; KAMMEN, 2000). Esta interpretação alternativa e mais ampla do processo de transição energética residencial alicerçou a hipótese do Acúmulo de Combustíveis (MASERA; SAATKAMP; KAMMEN, 2000). Segundo ela, o processo de incorporação de uma fonte de energia moderna na matriz energética de uma família não implica necessariamente no imediato abandono ou substituição daquela anteriormente utilizado, mas sim na ampliação do leque de opções do usuário final. Assim, apesar de reconhecer o aumento do consumo de fontes de energia modernas decorrente do aumento de renda e da urbanização, o modelo prevê que a diversificação, e não a substituição (conforme originalmente previsto na hipótese da Escada Energética), das opções de fontes de energia é, em muitos casos, o resultado do desenvolvimento econômico de uma determinada região, cidade ou, em menor escala, de uma família. Hiemstra-van der Horst e Hovorka (2008) apresentam uma ampla revisão sobre a aderência dos modelos e mecanismos de substituição de energéticos no âmbito do consumo residencial.

Os estudos que contribuem para a discussão sobre a aderência dos citados modelos geralmente são conduzidos em locais onde parte significativa da demanda energética ainda é atendida por combustíveis característicos dos degraus mais baixos da escada, tanto em contextos rurais (MADUBANSI; SHACKLETON, 2007; MASERA; NAVIA, 1997; MASERA; SAATKAMP; KAMMEN, 2000; MIAH et al., 2011; REHMAN et al., 2010), como em urbanos (HIEMSTRA-VAN DER HORST; HOVORKA, 2008; OUEDRAOGO, 2006; SATHAYE; TYLER, 1991; SMITH et al., 1994; ZULU, 2010), ou ambos (ALBERTS; MOREIRA; PEREZ, 1997; HELTBERG, 2004; HOSIER; DOWD, 1987; NANSAIOR et al., 2011; POHEKAR; KUMAR; RAMACHANDRAN, 2005; WIJAYATUNGA; ATTALAGE, 2002) de países em desenvolvimento. Daqueles que retratam áreas urbanas, apesar de alguns terem sido desenvolvidos em grandes cidades asiáticas (SATHAYE; TYLER, 1991; SMITH

et al., 1994), a maioria foi desenvolvido em países com população reduzida como Burkina Faso (OUEDRAOGO, 2006), Sri Lanka (WIJAYATUNGA; ATTALAGE, 2002), Nicarágua (ALBERTS; MOREIRA; PEREZ, 1997), Botswana (HIEMSTRA-VAN DER HORST; HOVORKA, 2008), Zimbabwe (HOSIER; DOWD, 1987) e Ghana (AKPALU; DASMANI; AGLOBITSE, 2011) ou em regiões relativamente pequenas de países populosos como a Tailândia (NANSAIOR et al., 2011). Adicionalmente, conforme pode ser observado nos exemplos apresentados no parágrafo a seguir e em outros trabalhos sobre o tema, a cocção é o uso final mais explorado. A propensão por análises focadas neste uso final específico decorre do fato de que a cocção normalmente é atendida por lenha e outras formas de biomassas tradicionais em comunidades rurais de países em desenvolvimento (BALDWIN et al., 1985; LEACH, 1992; MADUBANSI; SHACKLETON, 2007; MESTL; ESKELAND, 2009; SUDHA et al., 2003), além de consistir na atividade responsável pela maior parte da energia consumida em um domicílio típico destes locais (FARSI; FILIPPINI; PACHAURI, 2007; GEBREEGZIABHER et al., 2012; TRONCOSO et al., 2007).

Um crescente corpo de evidências sugere que a hipótese do Acúmulo de Combustíveis é o modelo que melhor se adéqua aos hábitos de consumo de energia da maioria dos usuários residenciais de países em desenvolvimento onde combustíveis tradicionais são amplamente utilizados pelo setor residencial. Pachauri e Jiang (2008) verificaram que adoção de GLP para cocção em áreas rurais da Índia não resultou na redução do consumo de lenha. Esta mesma relação de complementaridade (ao invés de substituição) entre GLP e lenha foi verificada em áreas rurais do México (MASERA; SAATKAMP; KAMMEN, 2000) e de Gana (AKPALU; DASMANI; AGLOBITSE, 2011). No mesmo estudo realizado em Gana, os autores revelam que a demanda por lenha independe do nível de renda da família, indicando que o uso deste combustível tradicional não se limita às famílias mais pobres do país. Ngui et al. (2011), analisando elasticidades de fontes de energia residenciais no Quênia, indicam que nenhum dos combustíveis analisados, incluindo a lenha, pode ser considerados bens inferiores. Peng, Hisham e Pan (2010), ao avaliarem o padrão de consumo residencial de combustíveis em áreas rurais da China verificaram que, apesar do consumo de fontes de energia comerciais aumentar à medida que a renda das famílias aumenta, o consumo de fontes de energia tradicionais apenas diminuía nas faixas de renda mais altas da população. Os autores também indicam que aproximadamente um terço das famílias analisadas utiliza algum tipo de biomassa tradicional e GLP concomitantemente para cocção. Nansaior et al. (2011) verificaram que na Indonésia pratos típicos da culinária local são preferencialmente

preparados com combustíveis tradicionais independente do status de urbanização do local analisado e da disponibilidade de fontes de energia modernas. A preferência por combustíveis tradicionais durante o preparo de pratos típicos parece ser um fenômeno relativamente comum e foi verificado também no México com *tortillas* (MASERA; SAATKAMP; KAMMEN, 2000), em Botsuana com carne cozida (*seswaa)* e *"feijões-duros"* (HIEMSTRA-VAN DER HORST; HOVORKA, 2008) e na Nicarágua com feijões (ALBERTS; MOREIRA; PEREZ, 1997). Evidências da ocorrência de acúmulo de combustíveis também foram encontradas em outros estudos na Índia (FARSI; FILIPPINI; PACHAURI, 2007), Guatemala (HELTBERG, 2004, 2005), Etiópia (GUTA, 2012), Mali (JOHNSON; BRYDEN, 2012), Vietnam, e África do Sul (HELTBERG, 2004) e em Malaui (ZULU, 2010).

No Brasil, estudos sobre a transição energética residencial ou sobre hábitos de consumo doméstico de fontes de energia tradicionais são escassos. Heltberg (2004), analisando dados da *Pesquisa Sobre Padrões de Vida 1996/1997* (IBGE, 1998) dividiu os usuários finais entre consumidores de combustíveis sólidos (tradicionais), não-sólidos (modernos) e de ambos ("acumuladores de combustíveis"). Dentre os oito países analisados no estudo, o autor verificou que o Brasil é aquele em que a maior proporção de usuários residenciais, pouco mais de 80%, utiliza apenas combustíveis não-sólidos. Ao distinguir os consumidores entre habitantes de áreas urbanas e rurais, verifica-se que o consumo de múltiplos combustíveis concentra-se principalmente em áreas rurais, onde, com exceção do último decil de renda, o consumo concomitante de combustíveis tradicionais ou de múltiplos combustíveis é predominante. Diferentemente, em áreas urbanas o consumo de combustíveis modernos é predominante em todas as faixas de renda da população, e mais expressiva no último decil de renda. Wilcox-Moore et al. (2011) avaliaram quatro comunidades rurais no município de Rosário da Limeira, na porção sudeste do estado de Minas Gerais, também conhecida como "Zona da Mata". Os pesquisadores observaram que apesar do amplo acesso da população a formas de energia modernas, como eletricidade e GLP, a maioria dos domicílios amostrados empregavam lenha pelo menos para algum propósito energético, indicando que tais fontes de energia não são "*perfeitamente intercambiáveis"*. Assim como descrito anteriormente em outros países, habitantes destas comunidades também empregam diferentes fontes de energia para a cocção de diferentes tipos de comida (lenha para feijões, GLP para bolos, por exemplo). De forma semelhante, Ramos e Albuquerque (2012) verificaram a predominância do uso concomitante de lenha e GLP em duas comunidades rurais do estado da Paraíba.

A reduzida quantidade de estudos desenvolvidos no Brasil é responsável por um elevado grau de incerteza sobre os hábitos de consumo energético residencial (no que diz respeito às fontes de energia utilizadas) e sobre a influência do aumento de renda da população sobre este fenômeno no país. As consequências deste tipo de lacuna de informação extrapolam a esfera acadêmica e podem afetar diretamente a qualidade de vida das pessoas. Zulu (2010), por exemplo, relata os efeitos nefastos de uma política energética alicerçada em percepções errôneas sobre o padrão e tendências de consumo de energia residencial adotada em Malaui. O episódio consistiu na criação de uma legislação restritiva ao consumo de biomassas sólidas pela população justificada pelas altas taxas de eletrificação recentemente atingidas. Basicamente, assumiu-se a ocorrência de uma Escada Energética no país, isto é, que eletricidade e biomassas tradicionais eram fontes de energia perfeitamente substitutivas. No caso retratado, a eletricidade, que acabara de ser universalizada, tornaria os combustíveis tradicionais obsoletos. Assim, banimento ao consumo de biomassas sólidas contribuiria para a preservação dos ambientes naturais do país. O resultado de tal política, entretanto, foi bastante diferente do esperado. Uma vez que os usos finais anteriormente desempenhados pela lenha e carvão vegetal não eram completamente atendidos satisfatoriamente pela eletricidade, a população buscou meios alternativos de obter acesso aos combustíveis "banidos". A formação de uma rede de contrabando de biomassas sólidas, a exploração de recursos naturais de forma mais danosa do que anteriormente e a corrupção de funcionários públicos responsáveis por autorizações de extração e transporte de lenha e carvão vegetal são algumas das consequências da política energética adotada em Malaui. O episódio descrito pelo autor ilustra a importância de se estruturar políticas públicas relacionadas a aspectos sociais do uso da energia a partir de um arcabouço teórico que reflita, de fato, a realidade de seu público alvo.

Considerando o cenário apresentado, este trabalho possui dois objetivos principais: (1) contribuir para a formação de um conjunto de dados mais robustos sobre os mecanismos que determinam a opção energética residencial no Brasil e, consequentemente, ampliar a compreensão sobre o padrão de consumo energético do setor; e (2) discutir as políticas públicas de acesso a energia e usos finais limpos, com ênfase em serviços energéticos relevantes para a população do Brasil que ainda são, em grande parte, atendidos de forma pouco eficiente, do ponto de vista energético, e danosa à saúde humana e o meio ambiente. Para atender a estes objetivos, dois estudos de caso retratando diferentes facetas da transição energética residencial no país são apresentados.

O primeiro, apresentado no capítulo 2 e intitulado "O uso residencial da lenha no Brasil: status atual, impactos e estratégias para a promoção da sua sustentabilidade", apresenta um panorama do consumo residencial de lenha no Brasil e discute a eficácia das recentes políticas brasileiras de acesso fontes de energia limpas. As análises elaboradas indicam que os esforços visando à promoção de serviços energéticos limpos para a população no Brasil têm priorizado as formas modernas de energia, resultando na quase universalização do acesso à eletricidade e ao gás liquefeito de petróleo (GLP). Entretanto, a lenha continua sendo responsável por uma grande parcela da demanda energética do setor residencial, principalmente para usos finais como a cocção e o aquecimento de água. Apesar da relevância desta fonte de energia, o governo federal, autoridades locais e outros setores da sociedade têm dado pouca atenção ao seu uso doméstico e iniciativas de promoção do uso limpo e eficiente da lenha, como programas de disseminação de "fogões aprimorados" (FA)[1], são incipientes e possuem abrangência restrita. A partir destes fatos, reconhece-se que as políticas energéticas em foco seguem uma lógica típica do modelo da Escada Energética, assumindo que o acesso à eletricidade e ao GLP é suficiente para garantir serviços energéticos limpos para a população. Neste sentido, ignoram que a lenha é um combustível resiliente à penetração destas formas de energia mais modernas e continuará exercendo um importante papel na matriz energética de uma relevante parcela dos domicílios brasileiros. Baseado nisto, argumenta-se que o seu uso limpo e eficiente deve ser promovido por meio de programas amplos que facilitem o acesso da população a fogões a lenha aprimorados.

O segundo estudo, apresentado no capítulo 3 e intitulado "Opção energética no setor de cocção comercial - uma análise panorâmica focada na cidade de São Paulo", avalia a aderência dos modelos de transição energética descritos nesta seção a um caso específico. A análise é desenvolvida a partir da ótica do uso de energéticos para cocção em cidades, tendo como foco estabelecimentos comerciais. Apesar do foco no setor comercial, ao invés do residencial, conforme seria esperado deste tipo de estudo[2], tal abordagem traz em sua heterodoxia uma oportunidade de se acrescentar um novo ponto de vista para uma temática

[1] Diferentes termos são utilizados para designar fogões que promovem o uso limpo e eficiente da lenha, entre eles "fogão ecológico", "fogão eficiente" e "ecofogão". Optou-se, no presente trabalho, pela utilização do termo "fogão aprimorado" por se tratar da tradução mais próxima do termo já consagrado na literatura internacional especializada no tema - ou seja, "*improved cookstove*".

[2] Afinal, os modelos de transição energética em foco, conforme mencionado anteriormente, foram criados em decorrência da necessidade de melhor compreensão dos padrões de consumo de energia em domicílios de países em desenvolvimento.

essencialmente multidisciplinar. Evidências foram observadas no mercado de pizzas na cidade de São Paulo, demonstrando que expectativas do consumidor, expressas por meio dos mecanismos clássicos de pressão de mercado podem influenciar de forma marcante este nicho culinário comercial. Ao retratar o setor residencial como uma importante *driving force* da opção energética do setor de cocção comercial, apresenta-se uma nova interpretação para os efeitos do processo de urbanização sobre hábitos de consumo energético em domicílios. O trabalho destaca fatores culturais, mercadológicos e logísticos que, eventualmente, podem enfraquecer o poder explicativo da hipótese da Escada Energética. Ao verificar que diversificação energética - e não a substituição - resulta do desenvolvimento econômico, urbanização e/ou aumento de renda de uma população, o estudo valida a hipótese do Acúmulo de Combustíveis. Adicionalmente, o estudo explora, sempre sob a ótica do consumo de energia, outros aspectos relacionados ao processo de urbanização como questões de gênero, tendências no mercado da cocção comercial e externalidades ambientais associadas ao consumo de combustíveis tradicionais por este setor.

No capítulo 4, finalmente, apresenta-se uma análise geral sobre os temas debatidos nos capítulos 2 e 3. Apesar de estes capítulos constituírem em estudos estruturados a partir de óticas bastante distintas entre si, a fundamentação teórica que alicerça as análises elaboradas é essencialmente aquela apresentada nesta seção. Sendo assim, o capítulo final foca-se em integrar os temas específicos debatido nas seções anteriores, buscando traçar conclusões amplas que possam contribuir para o planejamento de políticas energéticas brasileiras e a promoção da melhoria das condições de vida de sua população.

2 – O uso residencial da lenha no Brasil: status atual, impactos e estratégias para a promoção da sua sustentabilidade

2.1 – Introdução

A questão energética ocupa uma posição central na maior parte dos desafios socioeconômicos e ambientais enfrentados pelo mundo atualmente (AGECC, 2010). Garantir serviços energéticos limpos ou modernos[3] para a camada mais pobre da população é reconhecidamente um passo fundamental para a promoção do desenvolvimento social e da sustentabilidade (PNUD-OMS, 2009). A redução dos níveis de poluição *indoor* residencial, da demanda de tempo para atividades de busca e coleta de lenha e outras formas de biomassas, da emissão de gases poluentes e do desmatamento são, do ponto de vista das condições de vida da população, as principais consequências do acesso a serviços energéticos limpos (FOELL et al., 2011). Estas melhorias estão diretamente associadas à menor incidência de doenças pulmonares provocadas pela exposição direta aos gases de combustão de combustíveis sólidos, à promoção do desenvolvimento sociocultural da população e à redução de impactos ambientais locais e globais (FOELL et al., 2011; GOLDEMBERG et al., 2004).

Entretanto, o panorama atual do acesso a serviços energéticos limpos ainda é surpreendente; afinal, cerca de 1,3 bilhões de pessoas no mundo não possuem eletricidade e 2,7 bilhões não possuem meios de cocção livres de gases poluentes (AIE, 2011). Com o intuito de ressaltar a problemática relacionada à corrente condição de acesso a serviços energéticos residenciais na agenda internacional, a Organização das Nações Unidas (ONU) declarou 2012 como o "Ano Internacional da Energia Sustentável para Todos" - um claro reconhecimento do cenário desafiador imposto pela questão em foco. Ao engajar governos, o setor privado e membros da sociedade civil, a ONU almeja, entre outros objetivos, "assegurar o acesso universal a serviços energéticos modernos" até o ano de 2030 (ONU, 2013).

Apesar de tanto o acesso à eletricidade quanto a serviços de cocção limpos serem indispensáveis para a redução da pobreza e para o alcance dos "Objetivos de Desenvolvimento do Milênio" definidos pela ONU (AGECC, 2010; GOLDEMBERG et al.,

[3] Por "serviços energéticos limpos ou modernos", entenda-se os usos finais da energia - como iluminação, cocção e transporte, por exemplo - supridos a partir de fontes de energia cuja conversão final, geralmente, possui alta eficiência e não gera poluição local.

2004), globalmente, programas de eletrificação têm recebido mais atenção do que iniciativas de cocção limpa (BAZILIAN et al., 2011; FOELL et al., 2011). No Brasil, a disparidade entre estas duas formas de programas de acesso a serviços energéticos limpos é facilmente notada. O empenho do Governo Federal para mitigar a lacuna de acesso à eletricidade da população remete à década de 1960, quando as primeiras iniciativas relacionadas à eletrificação rural ocorreram (OBERMAIER et al., 2012). Após 50 anos e diferentes programas de eletrificação (ver Box 2.1), o acesso à eletricidade está próximo da universalização, atingindo uma taxa superior a 95% das residências do país (IBGE, 2010a). No que se refere à cocção, entretanto, a situação observada é bastante diferente. De acordo com a última edição do Balanço Energético Nacional (BEN), lenha e gás liquefeito de petróleo (GLP) constituem em duas importantes fontes de energia para o setor residencial, correspondendo, cada um, a pouco mais de 27% da sua matriz energética (EPE, 2012a). Não obstante, programas de disseminação de fogões à lenha eficientes e limpos no país são incipientes e possuem abrangência limitada, um indício de que o uso residencial da lenha ainda ocorre, em grande parte, de maneira tradicional, gerando impactos socioambientais de diferentes naturezas.

Quando empregada em dispositivos inadequados, como "fogos abertos[4]" ou fogões tradicionais, a lenha pode impactar a saúde e o desenvolvimento social das pessoas que a utilizam[5], além de contribuir significativamente para o aquecimento global e o desmatamento local (FOELL et al., 2011). Neste contexto, fogões aprimorados (FA) são importantes peças da estratégia para a promoção do uso residencial deste combustível em bases sustentáveis (CORDES, 2011). Por serem mais eficientes que fogões tradicionais, FA reduzem a emissão de gases poluentes e o consumo energético, contribuindo para mitigar os impactos sociais e ambientais decorrentes do uso inadequado da lenha (LEWIS; PATTANAYAK, 2012).

Diante deste cenário, o presente capítulo tem como objetivo analisar as políticas públicas de acesso a serviços energéticos limpos no Brasil, focando-se na disseminação de FA enquanto estratégia de eficiência energética e fomento ao desenvolvimento socioeconômico no Brasil - país onde uma relevante parcela da demanda por energia residencial é atendida por

[4] Fogos abertos ou "fogões-de-três-pedras" (tradução livre para o termo *three-stone cooking fires*) constituem-se em uma das formas mais rudimentares de cocção existente. Basicamente, três pedras são dispostas em sentido triangular, próximas o suficiente para que uma panela seja equilibrada sobre elas. Sob a estrutura que se forma insere-se a lenha (ou outro tipo de biomassa) que fornecerá calor para o processo de cocção.

[5] Impactos sociais, no caso, estão associados à grande quantidade de tempo que pessoas, principalmente mulheres e crianças, podem chegar a dedicar a atividades de busca, coleta, transporte e utilização de lenha em áreas rurais, limitando, assim, as possibilidades de engajamento em atividades educacionais e/ou profissionais.

lenha. Complementarmente, o estudo traça um retrato do status atual do consumo de lenha pelo setor residencial e revisa as iniciativas atuais de disseminação de FA no país, explorando suas principais realizações e lacunas. Com base nos resultados encontrados, propõem-se estratégias, ações e direcionamentos futuros necessários para se promover o uso limpo e eficiente da lenha nos domicílios brasileiros.

Box 2.1 - Programas de eletrificação rural promovidos pelo Governo Federal nas décadas de 1990 e 2000.

No Brasil, assim como em outros países, o acesso e o consumo de eletricidade estão intimamente relacionados à qualidade de vida da população (GOLDEMBERG; ROVERE; COELHO, 2004) e podem contribuir de forma efetiva para a o combate à pobreza (PNUD, 2005). Apesar do esforço do governo em expandir o acesso à eletricidade remeter à década de 1960 (OBERMAIER et al., 2012), até 1991 mais de 10% da população do país ainda não possuía conexão elétrica. Nas regiões Norte e Nordeste, aproximadamente 30% da população não possuía eletricidade (IBGE, 2010a). Mais recentemente, programas de eletrificação produziram resultados encorajadores e a eletricidade está próxima de ser universalizada no país. Estes programas de eletrificação serão discutidos a seguir.

Em 1994, o Governo Federal lançou o *Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios* (PRODEEM), focado em eletrificação *off-grid* (GOLDEMBERG; ROVERE; COELHO, 2004). A tecnologia solar-fotovoltaica prevaleceu como estratégia de eletrificação e mais de 8.700 painéis foram instalados pelo programa entre 1996 e 2002 (ANDRADE; ROSA; DA SILVA, 2011; RUIZ; RODRÍGUEZ; BERMANN, 2007; VAN ELS; VIANNA; BRASIL, 2012). Entretanto, a falta de manutenção dos sistemas e apoio técnico consistiram importantes obstáculos para o melhor desempenho da iniciativa (OBERMAIER et al., 2012). Uma avaliação da sua fase inicial em 10 estados brasileiros, por exemplo, constatou que uma grande proporção das placas fotovoltaicas instaladas (44%) não estava operando apropriadamente (GOLDEMBERG; ROVERE; COELHO, 2004).

Em 1999, lançou-se o *Luz no Campo* (LNC), outra iniciativa do Governo Federal, com o objetivo de levar eletricidade a um milhão de propriedades rurais em um período de três anos (ANDRADE; ROSA; DA SILVA, 2011; GOLDEMBERG; ROVERE; COELHO, 2004; SZKLO et al., 2005). Diferentemente do PRODEEM, o LNC focou-se exclusivamente na eletrificação a partir da expansão do *grid* (GOLDEMBERG; ROVERE; COELHO, 2004). Em 2003, o programa havia promovido aproximadamente 630.000 conexões (ANDRADE; ROSA; DA SILVA, 2011). Apesar de o resultado atingido ter sido aquém do planejado, o programa constituiu o maior esforço de eletrificação promovido até a data (ANDRADE; ROSA; DA SILVA, 2011).

Obermaier et al. (2012) apontam que tanto o PRODEEM quanto o LNC não objetivavam a universalização do acesso à eletricidade, mas sim a expansão da sua cobertura.

O programa Luz Para Todos (LPT), a mais recente iniciativa de eletrificação rural no Brasil, foi lançado em 2003 com a ambiciosa meta de universalizar o acesso à eletricidade no Brasil até 2008 (GOLDEMBERG; ROVERE; COELHO, 2004). Devido a reajustes no programa e atualização de metas (o número total de domicílios não-eletrificados havia sido subestimado), o seu prazo adiado para 2010 (ANDRADE; ROSA; DA SILVA, 2011) e novamente para 2014 (OBERMAIER et al., 2012). Até o final de 2011, 2,9 milhões de domicílios haviam recebido eletricidade (MME, 2012a) enquanto 400.000 ainda aguardavam a eletrificação (MME, 2012b). Avaliações de domicílios eletrificados no início do programa revelam que a provisão de eletricidade impactou positivamente o nível de vida da população rural (GÓMEZ; SILVEIRA, 2010; PEREIRA; FREITAS; DA SILVA, 2010). Do total da população beneficiada pelo programa, cerca de 70% são das duas regiões mais pobres do país (49% da região nordeste e 20% da região norte) (MME, 2012a).

Demais informações sobre estes programas, como esquemas de financiamento e principais dificuldades e barreiras, por exemplo, são apresentadas e analisadas por Goldemberg et al. (2004) e outros estudos (ESMAP, 2005; VAN ELS; VIANNA; BRASIL, 2012).

2.2 – Metodologia

A fundamentação teórica das análises apresentadas neste trabalho foi organizada a partir de uma revisão bibliográfica sobre o tema tratado. A pesquisa alicerçou-se, principalmente, em periódicos revisados por pares (*peer-review*) e relatórios de agências de desenvolvimento, como a Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e de energia, como a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e a Agência Internacional de Energia (AIE).

A compilação das informações referentes às iniciativas de disseminação de fogões eficientes no Brasil foi feita a partir de contatos por *e-mail* e telefone com profissionais de empresas, organizações não-governamentais (ONGs) e órgãos públicos relacionados com o tema, além de pesquisas na *internet*.

Os dados quantitativos sobre os usuários de lenha, carvão vegetal e GLP foram obtidos a partir da análise dos microdados da Pesquisa de Orçamento Familiar (POF) para o período-base 2008-2009, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010b). A POF consiste em uma pesquisa quinquenal em que os gastos e aquisições realizados pelas famílias amostradas são investigados. Em sua última edição, analisada neste trabalho, o item

"Característica do Domicílio e dos Moradores" incluiu a análise dos diferentes combustíveis utilizados nos fogões presentes no domicílio entrevistado, o que possibilitou estimar o número de usuários de cada combustível utilizado para cocção. O processamento das informações dos microdados da referida pesquisa foi feito utilizando-se o *software* "STATA", voltado à análise estatística e de dados.

2.3 – Desenvolvimento

2.3.1 - O perfil do consumo de lenha no Brasil

O padrão de consumo de lenha no Brasil contrasta com aquele observado em outras economias emergentes como a China, Índia, África do Sul e México. Ao invés de ser utilizada principalmente pelo setor residencial, conforme comumente observado em países em desenvolvimento (AIE, 2013; TROSSERO, 2002), a maior parcela da lenha no Brasil é consumida por indústrias - tanto diretamente quanto indiretamente, na forma de carvão vegetal (BACHA, 2003; EPE, 2012a).

O consumo de lenha no Brasil, segundo o Balanço Energético Nacional (BEN), está segmentado em cinco setores: "transformação", "industrial", "residencial", "agricultura e pecuária" e "comercial". O setor de transformação compreende a produção de eletricidade e carvão vegetal[6]. De acordo com a mais recente edição do BEN (EPE, 2012a), do total de lenha consumida no país, o setor de transformação responde por 37,8%, seguido pelas indústrias – principalmente da área de alimentos e bebidas, cerâmica e papel e celulose – (27,8%) e pelo setor residencial (24,7%). O setor de agricultura e pecuária e o comercial respondem, respectivamente, por 9,3% e 0,4% da lenha consumida no país[7]. Considerando

[6] Em 2011, a produção de carvão vegetal representou 97% do consumo de lenha do setor de transformação (EPE, 2012).

[7] Indícios apontam que os dados de consumo de lenha apresentados pelo BEN podem não ser precisos (LUCON; COELHO; GOLDEMBERG, 2004). A partir de métodos próprios de estimação de consumo de lenha e carvão vegetal no Brasil, Uhlig (2008), comparando seus dados com os apresentados pelo BEN, encontrou pequenas diferenças no consumo total durante o período 1996 – 2005. Por outro lado, o consumo setorial apresentou discrepâncias. Segundo este autor, o volume de lenha consumido pelo setor residencial indicado através do método por ele adotado corresponde à metade do volume apresentado pelo BEN. Estas divergências, entretanto, não interferem com os objetivos do presente trabalho. Afinal, as análises ora apresentadas, conforme explicitado na "Metodologia" (ver Seção 2.2), alicerçam-se em dados quantitativos sobre o número de usuários de lenhas apresentados pelo IBGE e não nos dados de volume de lenha consumida, apresentados pelo BEN.

que cerca de 80% do carvão vegetal produzido pelo setor de transformação é consumido por indústrias de processamento de minérios e produção de metais (BAILIS et al., 2013), torna-se claro que as indústrias figuram como o principal consumidor final de lenha do país.

Conforme mostrado na Figura 2.1, o consumo residencial de lenha apresenta rápido declínio entre as décadas de 1970 e 2000. A partir da década de 2000, entretanto, nota-se um aumento do consumo. Segundo Lucon et al. (2004), elevações do preço do GLP devido a mudanças nos mecanismos de subsídios deste energético ocasionaram um maior consumo de lenha, principalmente entre as camadas mais pobres da população. O consumo de lenha permaneceu relativamente alto até 2010, quando retornou aos níveis anteriores. Informações sobre o histórico do consumo de GLP no Brasil são apresentadas no Box 2.2.

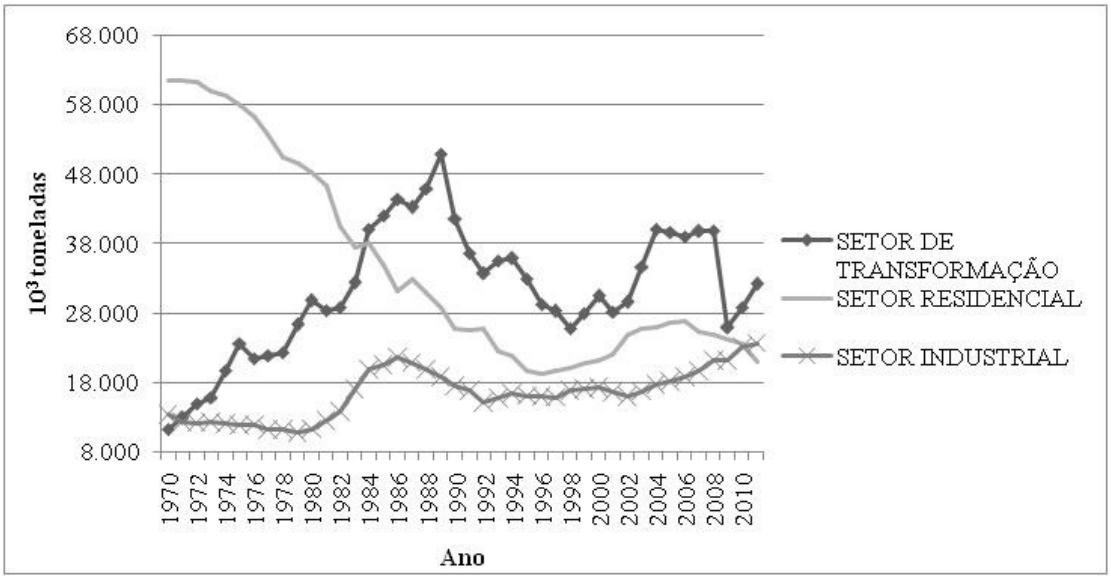

Figura 2.1 – Consumo de lenha no Brasil pelos setores de transformação, industrial e residencial durante o período 1970 - 2011. Fonte: EPE (2012b).

Box 2.2 – O consumo de GLP no Brasil.

A produção de GLP no Brasil iniciou-se em 1955, dois anos após a criação da Petrobras e 18 anos após o início do seu uso residencial (LUCON; COELHO; GOLDEMBERG, 2004). Atualmente, o GLP é uma importante fonte de energia para a população. Este energético está presente em mais de 96% dos domicílios brasileiros (IBGE, 2010b) e respondeu, em 2011, por cerca de 30% do consumo de energia primária deste setor (equivalente à 6.364.000 toneladas de óleo equivalente – toe) (EPE, 2012a).

Jannuzzi e Sanga (2004) argumentam que os subsídios históricos ao GLP no Brasil são em grande parte responsáveis pela sua alta penetração residencial. Em janeiro de 2002, entretanto, o GLP deixou de ser subsidiado no país, acarretando um aumento de cerca de 20% em seu preço no final do mesmo ano (LUCON; COELHO; GOLDEMBERG, 2004). Apesar da criação de um novo mecanismo que facilitaria o acesso das camadas sociais menos favorecidas ao GLP, a lenha voltou a ser utilizada por parte da população como uma estratégia de redução de gastos energéticos domésticos (em função do aumento do preço do gás) (LUCON; COELHO; GOLDEMBERG, 2004). Conforme pode ser verificado na Figura 2.2, a elevação do consumo de lenha em decorrência da escalada do preço do GLP constitui um fenômeno pontual cujos efeitos na matriz energética residencial se reverteram cerca de 10 anos após a referida mudança na política de subsídios.

Historicamente, a lenha tem sido a fonte de energia mais utilizada pela população brasileira. Em 1997, a eletricidade ultrapassou sua participação na matriz energética do setor residencial, mas após o aumento do consumo no início da década de 2000, a lenha permaneceu como principal fonte de energia residencial até 2007 (EPE, 2012b). Atualmente, do total de energia primária consumida em domicílios, a eletricidade responde por 41,7%, seguida por lenha (27,8%), GLP (27,2%), carvão vegetal (2,1%) e gás natural (1,2%) (EPE, 2012a). A Figura 2.2 apresenta a evolução histórica da matriz energética residencial no Brasil durante o período 1970 – 2011.

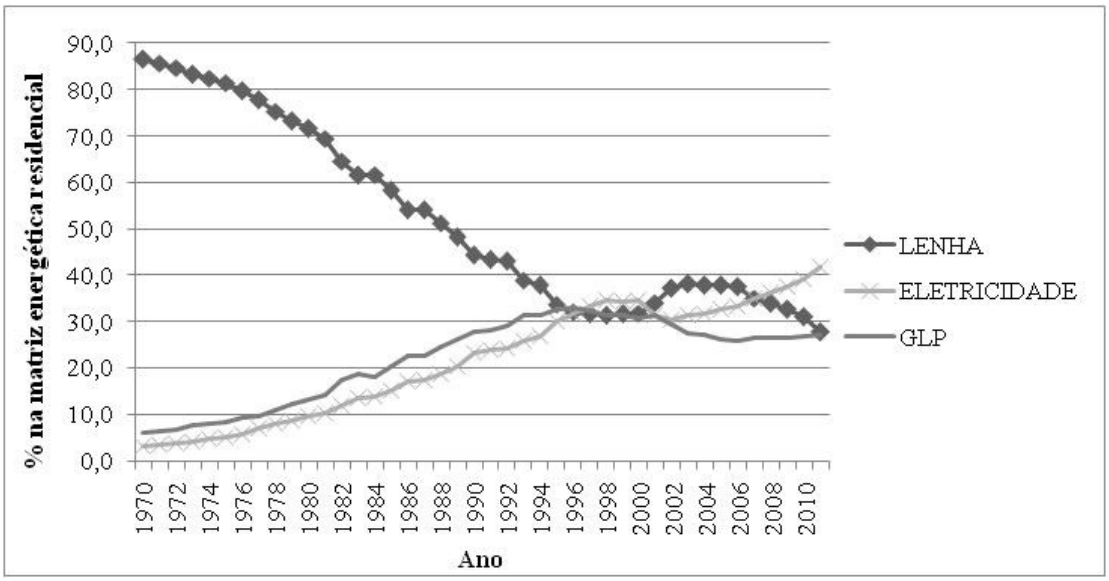

Figura 2.2 - Evolução da matriz energética residencial brasileira durante o período 1970 – 2011. Observação: carvão vegetal, gás natural, querosene e gás canalizado não são apresentados devido à reduzida participação histórica destas fontes de energia na matriz. Fonte: EPE (2012b).

Assim como em outros países em desenvolvimento (LEACH, 1992; SUDHA et al., 2003), a cocção é o uso final da lenha mais relevante para a população brasileira (BRITO, 1997). Adicionalmente, diferentes condições climáticas determinam usos locais específicos. Na região sul, de clima temperado, o aquecimento residencial pode consumir grandes quantidades de lenha (BRITO, 1997), enquanto que em algumas regiões quentes e úmidas fogueiras são acessas fora das casas para repelir insetos (PEREIRA; FREITAS; DA SILVA, 2010). Na Figura 2.3 são apresentados dois modelos de fogões tipicamente utilizados em áreas rurais do Brasil.

A

B

Figura 2.3 – Dois exemplos de fogões a lenha típicos da região Nordeste (A) e Sudeste (B). Fotografias: Rogério C. Miranda.

No que se refere à cocção, o consumo de lenha e outras fontes de energia segue padrões bastante distintos em áreas urbanas e rurais. Segundo dados da POF realizada no período 2008-2009 (IBGE, 2010b) o GLP é a fonte de energia dominante em áreas urbanas na medida em que mais de 90% dos 48.482.814 de domicílios o utilizavam exclusivamente para cozinhar. Em áreas rurais, pouco mais de um terço dos 8.935.253 domicílios cozinhavam

apenas com GLP. Por outro lado, a lenha é utilizada como única fonte de energia para cocção com maior frequência em áreas rurais do que em urbanas (cerca de 10% e 1%, respectivamente). A Tabela 2.1 apresenta os dados sobre a utilização de combustíveis nos fogões dos domicílios brasileiros.

Tabela 2.1 – Combustíveis utilizados nos fogões dos domicílios brasileiros.

	URBANO (%)	RURAL (%)
GLP	**91,99**	**38,6**
LENHA	**0,60**	**11,1**
CARVÃO VEGETAL	**0,36**	**3,4**
GLP + LENHA	**5,06**	**36,6**
GLP + CARVÃO VEGETAL	**1,62**	**6,2**
LENHA + CARVÃO VEGETAL	**0,04**	**1,0**
GLP + LENHA + CARVÃO VEGETAL	**0,18**	**3,0**
OUTROS	**0,16**	**0,1**

Fonte: IBGE, 2010b.

A eletricidade (incluída no item "OUTROS" da Tabela 1.1) não é uma fonte de energia tipicamente utilizada para cocção no Brasil, seja em áreas urbanas ou rurais. Este mesmo padrão, usualmente, é observado em outros países em desenvolvimento - como, por exemplo, Índia e Guatemala (HELTBERG, 2004). Por outro lado, o uso de múltiplos combustíveis é um fenômeno comum, principalmente em zonas rurais. Cerca de 50% dos domicílios localizados nessas áreas utilizam dois ou mais combustíveis para cocção. Em áreas urbanas, esta porcentagem é mais modesta, porém ainda relevante - aproximadamente 7%. A combinação de combustíveis mais observada é a de GLP e lenha, que se constitui, depois do uso exclusivo de GLP, na estratégia energética de cocção mais amplamente adotada no país. O uso de múltiplos combustíveis para serviços energéticos como a cocção também ocorre em outras partes do mundo e pode ser motivado por diferentes fatores. Dentre estes, pode-se citar: aspectos econômicos e/ou culturais, segurança energética ou até mesmo o status social conferido ao usuário decorrente da utilização de determinada fonte de energia (MASERA; SAATKAMP; KAMMEN, 2000). Conforme exposto no capítulo 1, o uso de múltiplos combustíveis no Brasil está normalmente está associado ao preparo de diferentes tipos de comida e também pode consistir em uma estratégia para a redução dos gastos familiares (RAMOS; ALBUQUERQUE, 2012; WILCOX-MOORE et al., 2011). Além disto, deve-se

chamar a atenção para o fato de que um relevante número de domicílios complementa GLP com lenha para usos recreativos. Apesar de não haver dados publicados sobre este tipo de uso, é sabido que em muitos lugares do país constitui um hábito acender fogueiras ou fogões a lenha tradicionais para se cozinhar práticos típicos da culinária local em reuniões sociais.

De uma maneira geral, cerca de 50% e 6% dos domicílios rurais e urbanos, respectivamente, utilizam lenha exclusivamente ou em algum tipo de combinação, apesar do acesso praticamente universal ao GLP no país. Isto significa que cerca de 7,5 milhões de domicílios brasileiros - ou aproximadamente 25 milhões de pessoas, tomando-se como base a média de brasileira de 3,3 integrantes por domicílio (IBGE, 2010a) - utilizam lenha em fogões tradicionais, na maioria das vezes inadequados do ponto de vista do consumo de combustível e do controle da poluição do ar. Considerando a quantidade total de lenha consumida pelo setor residencial em 2008, disponível no BEN (EPE, 2012a) e número de consumidores de lenha (usuários exclusivos e não exclusivos), obtém-se a média de 1008 kg de lenha consumida anualmente por pessoa. Este valor é similar à média de consumo anual estimado por Brito (2007) (1000 kg / pessoa)[8] e ao valor encontrado no México (730 kg / pessoa ao ano) (MASERA; DÍAZ; BERRUETA, 2005).

O perfil do uso residencial de combustíveis para cocção no Brasil não apresentou mudanças significativas nos últimos anos. Analisando a POF 2002-2003 (a última versão anterior à POF citada no presente trabalho), Uhlig (2008) relata uma situação semelhante ao cenário atual. Dados da pesquisa analisada pelo autor indicam o uso generalizado de GLP em áreas urbanas, a concentração do uso da lenha em áreas rurais e a ampla utilização de múltiplos combustíveis (principalmente lenha e GLP). Infelizmente, mudanças na metodologia de coleta de informações ocorrida no intervalo entre as duas versões da POF impedem que os dados sejam comparados diretamente[9]. Ainda assim, ambas as pesquisas

[8] Assumindo uma densidade da lenha de 0,5 ton. / m^3.

[9] Conforme mencionado na seção "Metodologia", a coleta de informações sobre o combustível utilizado nos fogões das residências pesquisadas passou a fazer parte da POF apenas em sua mais recente versão, realizada durante o período 2008-2009. Antes disto, a utilização de fontes de energia para cocção podia ser observada a partir dos dados de despesas ou aquisição de combustíveis (*e.g.* compra de GLP, coleta ou compra de lenha etc.). Estas informações consistiam em evidências indiretas não relacionadas estritamente à cocção, pois o combustível adquirido poderia estar sendo utilizado para outros fins além deste (*e.g* GLP utilizado exclusivamente para aquecimento de uma sauna). Uma consequência prática desta mudança metodológica é a possibilidade de, atualmente, se identificar o uso de eletricidade para cocção, por exemplo. Na versão de 2002-2003, tal

indicam que a lenha segue ocupando um importante papel dentre as fontes de energia utilizadas para cocção no Brasil apesar do amplo acesso ao GLP e eletricidade.

2.3.2 - O papel dos fogões aprimorados na mitigação dos impactos socioambientais decorrentes do uso inadequado da lenha

A lenha e outros combustíveis tradicionais, como os resíduos agrícolas, muitas vezes são retratados como fontes de energias "sujas" [10]. Este entendimento decorre dos altos níveis de poluição que a sua combustão pode gerar e está associada à situação tipicamente observada em países em desenvolvimento, nos quais a lenha, em geral, é utilizada de maneira inadequada - em fogões tradicionais cuja eficiência de combustão é baixa e o sistema de exaustão de gases é inexistente ou nem sempre eficaz. Neste contexto, FA (Fig. 2.4) constituem um elemento chave para que o uso residencial da lenha seja compatível com o cuidado à saúde humana, o desenvolvimento social dos usuários e a preservação ambiental.

Figura 2.4 – Fogão aprimorado sendo utilizado por usuários de lenha no Brasil (Foto retirada de http://www.ecofogao.com.br/).

---

informação não podia ser acessada, pois o respondente apenas informava seus gastos com eletricidade, mas não era perguntado se parte da eletricidade era consumida em um fogão elétrico.

[10] Embora o termo "sujo" não seja normalmente utilizado no contexto da literatura associada às fontes de energia utilizadas para cocção (provavelmente por ser tipicamente coloquial), existe uma clara contraposição entre a lenha e outros combustíveis tradicionais e as chamadas "formas limpas ou modernas de energia", como o GLP e a eletricidade.

O termo "fogão aprimorado" carece de um conjunto de características específicas que o defina. FA podem ser desenhados para atender a diferentes demandas e, de acordo com estas, tendem a conter as seguintes melhorias: maior eficiência térmica (relacionado à eficiência de combustão e de transferência de calor ao recipiente de cocção); melhor ventilação (maior troca de ar com o ambiente ou sistemas de exaustão de gases) e menor emissão específica (emissões de poluentes por determinada unidade – *e.g.* quantidade de lenha utilizada ou comida cozinhada) (GRIESHOP; MARSHALL; KANDLIKAR, 2011). Estas características estão relacionadas aos principais impactos causados pelo uso residencial indevido da lenha e outros combustíveis sólidos, listados a seguir (BM, 2011):

- Problemas de saúde causados pelo contato diário e prolongado com a fumaça – A emissão de poluentes decorrente da combustão de lenha e outros combustíveis sólidos em ambientes não ventilados está associada à incidência de doenças respiratórias como infecção aguda de vias aéreas inferiores em crianças com menos de cinco anos e doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) em adultos (DHERANI et al., 2008; SMITH; MEHTA; MAEUSEZAHL-FEUZ, 2004). Estas doenças são responsáveis, anualmente, por cerca de 2 milhões de mortes e 40 milhões de *disability-adjusted life years (DALY)*[11] no mundo (PNUD-OMS, 2009). Foell et al. (2011), utilizando dados da Agência Internacional de Energia (AIE), comparam o número anual de mortes causadas pela poluição *indoor* decorrente da combustão biomassa sólidas e outras doenças como malária, tuberculose e HIV/AIDS. Os números apresentados pelo autor surpreendem na medida em que indicam que, dentre as doenças citadas, apenas HIV/AIDS provocou mais mortes que poluição *indoor* no ano de 2008. Além disto, estimativas para o ano de 2030 sugerem, contrariando a tendência esperada para as demais causas de mortes, que o número de vítimas fatais dos gases de combustão de biomassas sólidas no mundo aumentará. O quadro apresentado pelo autor é reproduzido na figura 2.5

[11] DALY (*Disability Adjusted Life Years* - Anos de Vida Perdidos Ajustados por Incapacidade) é uma métrica utilizada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) para calcular e comparar o impacto de diferentes doenças ou acidentes em uma determinada população. Os valores apresentados equivalem à soma dos anos de vida perdidos em função de invalidez e/ou morte prematura decorrente de uma doença ou ferimento (OMS, 2004).

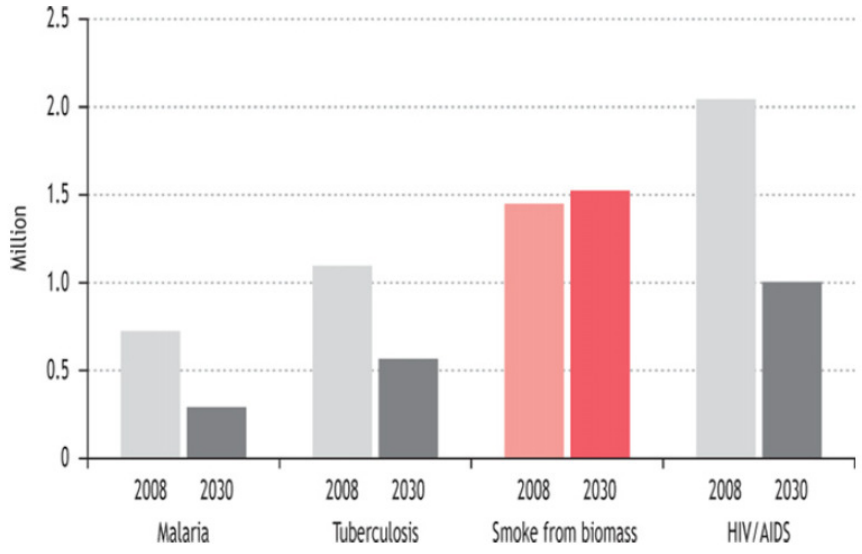

Figura 2.5 – Mortes prematuras anuais provocadas por poluição *indoor* residencial e outras doenças [Retirado de Foell et al. (2011)].

- Limitação de desenvolvimento social – A cocção em fogões tradicionais à lenha podem consumir grandes quantidades de tempo daqueles responsáveis pelo preparo da comida, normalmente chegando a 4 ou 5 horas diárias (MASERA et al., 2007; PRUNEDA-ÁLVAREZ et al., 2012). Além disto, atividades como a coleta e transporte de lenha também podem consumir outra relevante quantidade de tempo daqueles que dependem de biomassas não-comerciais para a cocção e outros serviços energéticos. A restrição de tempo à qual estas pessoas, em especial mulheres e crianças (normalmente responsáveis por atividades relacionadas à cocção em áreas rurais) (CORDES, 2011; POHEKAR; KUMAR; RAMACHANDRAN, 2005), estão sujeitas muitas vezes as impedem de se engajar em atividades educacionais ou profissionais, comprometendo, assim, o seu desenvolvimento sociocultural (GOLDEMBERG et al., 2004; WICKRAMASINGHE, 2011).
- Desmatamento – A coleta de biomassas para usos domésticos, como a cocção, já foi vista como uma atividade causadora de desmatamento e um sério problema ambiental de abrangência global (ECKHOLM, 1975). Nos últimos 20 anos, entretanto, estudos revelaram que a sua importância para as taxas de desmatamento global é relativa (FOELL et al., 2011; TRONCOSO et al., 2007). Em função disto, a questão passou a ser tratada em esferas locais (capazes de lidar com problemas localizados mais eficazmente), em lugares onde a demanda residencial por lenha é maior do que a produtividade de ambientes

naturais (GEBREEGZIABHER et al., 2012; MAHAPATRA; MITCHELL, 1999). No Brasil, evidências provenientes do estado de Pernambuco sugerem que grande parte da lenha utilizada em domicílios é coletada em áreas antrópicas, como campos agrícolas, propriedades privadas e jardins (RAMOS et al., 2008).

- Emissão de gases do efeito estufa, aerossóis e contribuição para o aquecimento global – A combustão ineficiente típica de fogões a lenha tradicionais resulta na emissão de parte do carbono previamente sequestrado da atmosfera na forma de produtos de combustão incompleta (PCI), cujo potencial de aquecimento global por átomo de carbono é, de uma maneira geral, maior que o da molécula de CO_2 (EDWARDS et al., 2004). De fato, o impacto (no que concerne a intensificar o fenômeno do aquecimento global) de gases como CO e NO_x e hidrocarbonetos não-metano (NMHC) pode tornar a combustão de biomassas, ainda que renováveis, mais prejudiciais ao clima do que a queima de combustíveis fósseis como o GLP ou o querosene (EDWARDS et al., 2004). Adicionalmente, a emissão de aerossóis como o carbono negro (CN) constitui outro relevante aspecto da questão. Este composto desempenha um importante papel na dinâmica das moléculas responsáveis pelo aquecimento global e possui a segunda maior contribuição para a forçante radiativa depois do dióxido de carbono (CO_2) (RAMANATHAN; CARMICHAEL[12], 2008 *apud* FOELL et al., 2011). Cerca de 25% da emissão global de CN origina-se de atividades residenciais, principalmente pelo uso de fogões tradicionais (BOND, 2004; CORDES, 2011).

A adoção de FA pode contribuir significativamente para mitigar os impactos socioambientais descritos nesta seção. Ao aumentar a eficiência de combustão e de transferência de calor, FA diminuem o consumo de lenha e a emissão específica por atividade de cocção, reduzindo a necessidade de busca e coleta de combustível, a pressão sobre ambientes naturais, a emissão de agentes causadores de mudanças climáticas (ou de seu mais proeminente fenômeno, o aquecimento global) e a incidência de doenças respiratórias (LEWIS; PATTANAYAK, 2012). Além disto, o sistema de exaustão, quando existente[13], direciona os gases de combustão para fora do ambiente onde o combustível está sendo queimado – reduzindo, assim, o contato humano com poluentes emitidos.

No que diz respeito aos impactos ambientais decorrentes do desmatamento causado pela coleta de biomassa, programas de disseminação de FA podem ter seus efeitos positivos potencializados por iniciativas que garantam uma oferta sustentável de lenha para os usuários

[12] RAMANATHAN, V.; CARMICHAEL, G. Global and regional climate change due to black carbon. **Nature Geoscience**, v. 1, n. 4, p. 221-227, 2008.
[13] Alguns modelos de FAs são portáteis e, portanto, não possuem chaminés.

finais (*i.g.* cultivos florestais comunitários). Desta maneira, além de se promover a redução do consumo de lenha, garante-se que o suprimento da demanda restante por lenha não afete os remanescentes de vegetação nativa local.

2.3.3 - Programas de disseminação de fogões aprimorados no Brasil

Os impactos sobre a saúde humana, o desenvolvimento social e meio ambiente advindos do uso inadequado da lenha em fogões rudimentares são conhecidos no Brasil (WINROCK, 2007). Apesar disto, os poucos programas de disseminação de FA ou outros esforços visando ao uso limpo da lenha nos domicílios brasileiros em curso atualmente no país destoam da forma como a questão vem sendo tratada no exterior (ver Box 2.3). De acordo com o Plano Plurianual (PPA) 2012-2015 [14], todas as iniciativas federais relacionadas ao consumo de biomassa sólida deste período estão voltadas para o uso industrial da lenha ou carvão vegetal como fonte de energia para processos térmicos (BRASIL, 2011).

Box 2.3 - Esforços internacionais de promoção de fogões aprimorados.

Efeitos negativos sobre a saúde humana e a equidade entre gêneros e questões relacionadas a mudanças ambientais (locais e globais) são apontados como as principais externalidades decorrentes da utilização de biomassas tradicionais como lenha, esterco e resíduos agrícolas para serviços térmicos como cocção, aquecimento do ambiente e de água em fornos rudimentares (FOELL et al., 2011). Estes impactos suscitam diversas iniciativas globais que visam à promoção de fornos e combustíveis limpos. No ano de 2010, cerca de uma centena de programas de disseminação de fogões eficientes estavam em curso na África, Ásia, América Latina e Caribe (GIFFORD, 2010). A *Global Alliance for Clean Cookstoves* (GACC), por exemplo, liderado pela ONU e contando com o apoio de mais de 120 organizações não-governamentais, governos de 50 países e outros inúmeros parceiros de diferentes setores da sociedade (universidades, empresas, fundações, etc.), tem como objetivo viabilizar o acesso a fogões aprimorados para 100 milhões de usuários residenciais até o ano de 2020 (GACC, 2013)

[14] O PPA é "*um instrumento de planejamento de médio prazo que estabelece as ações de longo prazo do governo, delineando objetivos e metas para programas e projetos públicos para um período de quatro anos. Nenhum programa ou projeto governamental, cuja execução exceder um ano fiscal, pode ser iniciado sem sua inclusão prévia no PPA*" (ALLEN & OVERY, 2011 - tradução livre).

Governos estaduais também não possuem políticas de longo prazo direcionadas para o consumo residencial de lenha. O estado do Ceará é uma exceção e vem financiando a disseminação de FA para domicílios rurais. Entre 2005 e 2011, cerca de 26.000 FA foram construídos em parceria com o *Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Energias Renováveis* (IDER), uma ONG localizada no estado (CEARÁ, 2012; IDER, 2012). Este programa constitui o maior programa de disseminação de FA do Brasil.

Além do programa do Ceará, outras iniciativas de FA no Brasil possuem escopo mais restrito. O *Instituto Perene*, ONG localizada na Bahia, implantou 1.000 FA no estado em 2011 (ANDRADE et al., 2012). EM 2006, diferentes instituições parceiras, entre elas o PNUD, distribuíram 220 FA em três estados do nordeste (PNUD, 2006). O *Project Gaia* (Projeto Gaia) distribuiu, entre 2005 e 2006, 100 FA a etanol em Minas Gerais (COUTO, 2007). Em 2012, o Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste (CEPAN) instalou 80 FA no estado de Alagoas (CEPAN, 2012). Por fim, em 2011, a *Agricultura Familiar e Agroecologia* (ASPTA) distribuiu 20 FA no estado da Paraíba (ASPTA, 2011). Com exceção do *Project Gaia*, todas as iniciativas mencionadas nesta seção promoveram FA à lenha. Demais informações sobre os programas de FAs no Brasil são apresentadas na Tabela 2.2 - Resumo das iniciativas de promoção de fogões aprimorados no Brasil.

Tabela 2.2 - Resumo das iniciativas de promoção de fogões aprimorados no Brasil.

Organização Responsável	**Período de atividade**	**FA distribuídos**	**Localização**	**Referência**
IDER	2005 - 2011	Cerca de 26.500	85 municípios do Ceará	(CEARÁ, 2012; IDER, 2012)
Instituto Perene	2011	1.000	Maragogipe (BA)	(ANDRADE et al., 2012)
Fundo Nacional do Meio Ambiente, Embaixada dos Países Baixos, Fundação Araripe, Instituto Jurema, Agendha, Global Environment Facility e PNUD	2006	220	Curaçá (BA), Santa Terezinha (PB), Barbalho (CE) e Jardim (CE)	(PNUD, 2006)
Project Gaia	2005 - 2006	100	Betim, Salinas, Urucânia (MG)	(COUTO, 2007)
Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste - CEPAN, Associação para a Proteção da Mata Atlântica do Nordeste (Amane)	2012	80	Murici (AL)	(CEPAN, 2012)
Agricultura Familiar e Agroecologia - ASPTA	2011	20	Massaranduba, Lagoa Seca, Solânea, Remígio e Queimada (PB)	(ASPTA, 2011)

Todas as iniciativas apresentadas na Tabela 2.2 estão focadas essencialmente em viabilizar o acesso à FA para uma parcela da população rural dos municípios onde elas foram desenvolvidas. Informações complementares como os níveis de poluição *indoor* (PI) aos quais os usuários de lenha estão expostos antes e depois da adoção de um FA, por exemplo, permanecem desconhecidas. Martins (1989) e Borges (1994) analisaram, respectivamente, a eficiência de um fogão à lenha tipicamente utilizado na região sudeste do país e de um fogão à lenha do tipo *downdraft* (protótipo que apresenta certas melhorias relacionadas ao sistema de alimentação de oxigênio quando comparado a um fogão a lenha tradicional), encontrando valores inferiores a 10%. Os autores também avaliaram a emissão de monóxido de carbono (CO) decorrente da operação destes fogões. Estas avaliações, entretanto, foram feitas em condições controladas de laboratório e não refletem a totalidade dos poluentes tipicamente emitidos pela combustão da lenha nem outras variáveis que determinam os níveis de PI de um domicílio que a utiliza em um fogão tradicional (como o tamanho da cozinha e sua condição de ventilação, o tempo de uso diário do fogão e práticas de cocção utilizadas, por exemplo).

Dados sobre a taxa de adoção e uso prolongado dos FA distribuídos tampouco vêm sendo coletadas. Neste sentido, enquanto cerca de 28.000 famílias obtiveram acesso a uma tecnologia de cocção limpa, não se sabe até que ponto estas pessoas de fato mudaram seus hábitos de cocção e incorporaram esta nova tecnologia a seus costumes diários em detrimento das formas de cocção mais poluentes. Investigações sobre este aspecto do processo de adoção de FA podem contribuir significativamente para a verificação da ocorrência do uso residual de fogões tradicionais em domicílios que receberam FA. Conforme apontado por Ruiz-Mercado *et al.* (2011), *fornecer acesso a fogões aprimorados é uma condição necessária, porém não suficiente, para se alcançar qualquer um dos objetivos de um programa de FA* (tradução livre), indicando que a menos que a nova tecnologia de cocção seja incorporada e utilizada em um cenário de curto, médio e também de longo prazo, métodos de cocção tradicionais recorrentes poderão solapar as potenciais melhorias promovidas pelo uso de FA.

A importância da coleta e análise destas informações reside no fato de que elas são indispensáveis para se confirmar a eficácia dos FA e se aferir as melhorias no campo da saúde humana e meio ambiente promovidas por estes dispositivos. Sendo assim, tais dados consistem em importantes justificativas para a ampliação do escopo e quantidade de iniciativas de promoção de FA no país.

2.4 – Conclusões

O acesso a serviços energéticos limpos e eficientes é fundamental para o combate da pobreza e a promoção do desenvolvimento humano. Catalisar a transição energética residencial (ou seja, promover a utilização de combustíveis modernos em detrimento de combustíveis tradicionais) e a disseminação de FA configuram-se nas duas estratégias mais utilizadas para se atingir estes objetivos (HELTBERG, 2005). Conforme demonstrado na seção "Desenvolvimento" deste capítulo, no Brasil, a lenha e as formas de energia modernas possuem um comportamento complementar, ao invés de substitutivo. Em outras palavras, o acesso ao GLP e eletricidade não garante acesso a serviços energéticos limpos, especialmente no que se refere à cocção, uma vez que o uso da lenha é resiliente à penetração destes energéticos.

Neste sentido, o esforço governamental direcionado à transição energética da população - mais especificamente o investimento extensivo em eletrificação rural e a promoção das condições necessárias para a alta penetração do GLP - constitui uma ação parcialmente eficaz. Apesar de esta estratégia ter contribuído para a melhoria das condições

de vida da população (GÓMEZ; SILVEIRA, 2010; PEREIRA; FREITAS; DA SILVA, 2010), um grande número de famílias ainda depende – parcial ou completamente – do uso tradicional da lenha para desempenhar atividades diárias como cocção, principalmente em áreas rurais. Em função disto, além de promover o aumento do acesso a energias modernas, políticas públicas devem também ser norteadas pela expansão do acesso ao uso limpo da lenha pela população. Tal política deve ter como estratégia central a disseminação de FA.

Entretanto, excluindo-se a iniciativa executada pelo IDER, o número total de FA distribuídos ou construídos para a população, em face à quantidade de usuários de lenha no país, é praticamente insignificante. A mais abrangente iniciativa de FA em atividade no Brasil é financiada por um governo estadual. Tal fato pode ser interpretado como um sinal de que autoridades regionais são mais sensíveis a questões locais como o uso residencial da lenha e seus impactos sobre a população e os ambientes naturais do que o governo federal e, logo, estão mais dispostas a promover e apoiar programas de FA. Este entendimento é aderente ao fato de que, atualmente, das iniciativas federais incluídas no PPA, todas aquelas relacionadas ao uso de biomassas sólidas no país estão voltadas para a garantia do suprimento e sustentabilidade do carvão vegetal e lenha utilizados exclusivamente pelo setor industrial.

Dada as dimensões continentais do Brasil, o planejamento de iniciativas de FA a partir de uma abordagem descentralizada pode resultar em programas que reflitam as especificidades culturais, ambientais, climáticas (e, consequentemente, de usos que se faz da lenha) existentes entre seus estados ou regiões, aumentando suas chances de sucesso. Isto não quer dizer, é claro, que a questão deva ser tratada unicamente em esferas locais. Conforme discutido neste trabalho, os impactos decorrentes do uso da lenha em fogões tradicionais possuem diferentes naturezas e escalas, e parcerias formadas entre o governo federal, estadual e até mesmo municipal, além dos outros setores da sociedade, podem conferir ao mesmo tempo a robustez e a flexibilidade necessária para que programas de FA consigam promover o aumento da qualidade de vida da população.

No contexto da disseminação de FA, quanto menor a necessidade de mudança de costumes imposta pelo processo de assimilação de uma nova tecnologia de cocção (no caso, um FA), maiores são as chances de esta nova tecnologia ser adotada e utilizada de maneira apropriada e por um longo período de tempo. Neste sentido, o programa de FA do estado do Ceará pode ser visto como uma fonte de lições e *know-how* para que entidades de outras regiões ou estados criem seus próprios programas. Estas novas iniciativas, desenhadas de acordo com a realidade dos usuários característicos de lenha, devem abarcar os usos finais

tradicionalmente desempenhados pela lenha e os hábitos de cocção típicos das localidades que os receberão. Para isso, o compartilhamento da experiência adquirida pelos responsáveis pelas iniciativas em curso no Brasil, principalmente a cearense (incluindo suas principais conquistas, dificuldades e desafios), entre representantes das diferentes entidades envolvidas neste esforço é importante e deve ser estimulada.

A limitação do conhecimento sobre o uso residencial de lenha no Brasil consiste em um grande desafio no que concerne ao planejamento de iniciativas de promoção de FA. Informações como os níveis de PI aos quais usuários de lenha estão expostos ou o potencial poluidor dos diferentes tipos de fogões tradicionais utilizados por todo o país, por exemplo, ainda são desconhecidas. Estes dados são importantes para a identificação de fogões e práticas de cocção altamente poluidores, assim como para a localização de "*hot spots*" - ou seja, regiões típicas para implementação de ações prioritárias onde usuários de lenha estão expostos a níveis de PI especialmente altos ou a atividade de extração de lenha acarrete impactos ambientais significativos. Além disto, a formação de uma série histórica de dados quantitativos referentes aos usuários de lenha no país - o que permitiria que análises mais profundas sobre a relação entre o acesso a fontes de energia modernas e a lenha fossem feitas - é prejudicada pela impossibilidade de se traçar comparações robustas entre os dados sobre o uso de lenha em domicílios presentes nas duas últimas versões da POF. O melhor entendimento dos efeitos da quase universalização da eletricidade e do amplo acesso ao GLP sobre o consumo residencial da lenha pode ser um importante subsídio para a definição de futuras políticas públicas de acesso a serviços energéticos limpos. De uma maneira geral, as informações citadas neste parágrafo, ao aumentar a visibilidade da questão na agenda sociopolítica nacional, podem gerar importantes contribuições para que medidas adequadas de redução e/ou mitigação dos impactos socioambientais decorrentes do uso inadequado da lenha em domicílios sejam propostas e efetivamente implementadas.

A intrincada rede formada entre fontes de energia, serviços energéticos (e seus respectivos dispositivos de uso final), fatores determinantes da opção energética de usuários residenciais, desenvolvimento socioeconômico e meio ambiente reflete a complexidade intrínseca às especificidades energéticas do setor residencial. A partir da melhor compreensão de como estes diferentes aspectos interagem, oportunidades de oferecer melhores condições de vida à população tendem a emergir. Da mesma forma, medidas efetivas de proteção ao meio ambiente podem ser melhor planejadas. Programas de FA inserem-se neste contexto e demonstram que soluções relativamente simples são capazes de promover o aumento da

qualidade de vida da população em geral e, em especial, da parcela residente em áreas rurais, onde a utilização da lenha em atividades domésticas muitas vezes integra os costumes diários de uma família.

3 - Opção energética no setor de cocção comercial - uma análise panorâmica focada na cidade de São Paulo

3.1 – Introdução

Compreender a relação entre o processo de urbanização de um país e o seu consumo energético é deveras relevante quando se coteja o planejamento energético de economias emergentes (JONES, 1991). O aumento do consumo de refeições em estabelecimentos comerciais é uma característica marcante do processo de urbanização de cidades (POPKIN; BISGROVE, 1988). Diante do cenário de expansão da população urbana, principalmente em países em desenvolvimento, nos quais este fenômeno ocorre mais intensamente (ONU, 2012), analisar os mecanismos que determinam a opção pelas fontes de energia que atenderão a demanda energética para cocção comercial em uma metrópole pode contribuir para o melhor entendimento sobre o fenômeno da transição de combustíveis e os modelos utilizados para interpretá-lo. Além disto, temáticas classicamente relacionadas ao consumo residencial de energia, como questões de gênero, desenvolvimento e saúde humana e impactos ambientais locais e globais (FOELL et al., 2011; GOLDEMBERG et al., 2004) podem também ser abarcadas em estudos focados na opção energética do setor de cocção comercial em grandes cidades.

Ainda que alguns autores tenham chamado a atenção para o consumo de combustíveis tradicionais, como a lenha, pelo setor comercial em alguns países em desenvolvimento (LEACH, 1992; SOUSSAN; O'KEEFE; MUNSLOW, 1990), poucas informações sobre o assunto estão disponíveis na literatura. Diante deste cenário, este capítulo almeja mitigar esta lacuna de informação por meio da apresentação de um estudo de caso sobre o uso de lenha em atividades de cocção comercial – mais especificamente no preparo de um tipo específico de comida, a pizza, na cidade de São Paulo, Brasil. Ao direcionar o foco a um nicho específico de cocção comercial fortemente influenciado pelo setor residencial, o estudo fornece uma nova perspectiva à discussão sobre os mecanismos envolvidos na transição energética em áreas urbanas a partir de evidências contrárias à interpretação original da hipótese da Escada Energética (discutida no capítulo 1).

A despeito de São Paulo apresentar ampla disponibilidade de fontes energéticas sofisticadas, como eletricidade, GLP e, em muitos locais, gás natural (GN) (SÃO PAULO, 2011), a grande maioria das pizzarias emprega lenha como fonte de energia para o preparo de pizzas. Conforme discutido adiante, preferências do mercado consumidor, a partir das regras

de mercado, influenciam sobremaneira a opção energética deste nicho culinário específico. No estudo de caso explorado neste capítulo, o usuário residencial ocupa uma posição diferente daquela em que é normalmente retratado no processo que culmina na opção por uma determinada estratégia energética. Ao invés de ser o tomador de decisão, influenciado por uma ampla gama de *driving forces* - conforme representado em estudos sobre a substituição de combustíveis focados no usuário residencial (LEACH; GOWEN, 1987), o usuário residencial (que neste contexto pode passar a ser chamado de "consumidor"), estendendo ao prestador de serviço sua expectativa quanto ao combustível que melhor atenderá a sua demanda, consiste, ele mesmo, no principal *driving force* ao qual o setor de cocção comercial responde, conforme ilustrado na Figura 3.1. Assim, proprietários dos estabelecimentos (representados neste estudo pelos donos de pizzarias) optam por arcar com diversas externalidades - como a dificuldade de armazenamento, geração de fumaça e complexa logística de suprimento - associadas ao uso deste combustível tradicional em um contexto de grande urbanização (ver seção 3.4 - Discussão). Esta opção, como foi possível verificar no presente estudo, ocorre, basicamente, em função do seu maior apelo comercial.

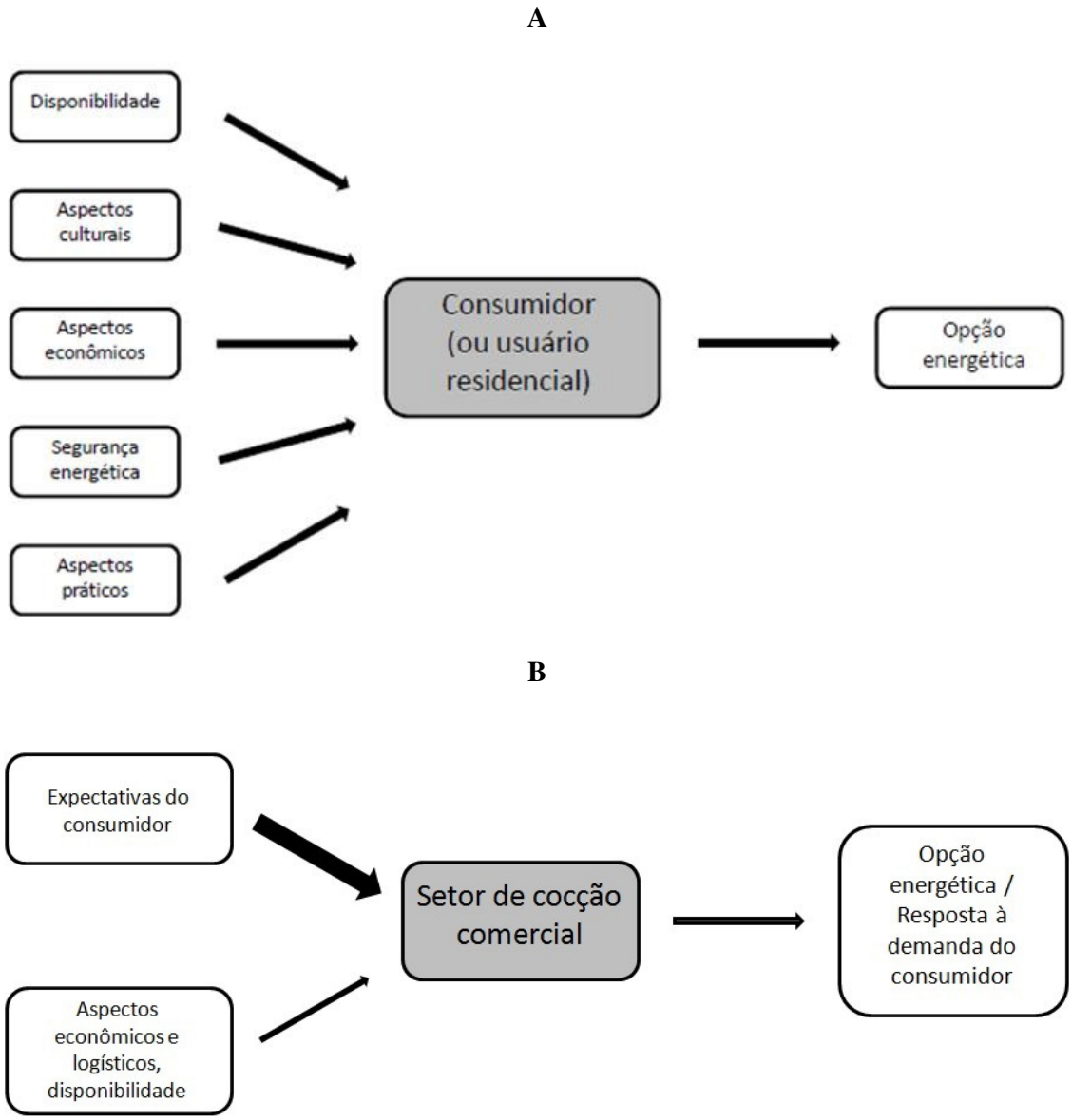

Figura 3.1 - Esquema simplificado da escolha de combustíveis no (A) setor residencial e (B) setor de cocção comercial.

3.2 – Metodologia

3.2.1 – Local de Estudo - Espacialização

O município de São Paulo, capital do estado homônimo, está localizado na porção sudeste do Brasil e possuía, no ano de 2010, uma população de aproximadamente 11,2 e 19,6 milhões de habitantes em seu limite político e na sua região metropolitana, respectivamente (IBGE, 2011). Da população total do município, 99% vive em áreas urbanas (IBGE, 2011).

Com o Produto Interno Bruto (PIB) correspondente a 11,8% do total brasileiro (IBGE, 2010c), o município concentra riqueza e se consolidou como a região econômica mais importante do país (VASCONCELLOS, 2005). O mapa de localização e demais informações sobre o município são apresentados na Fig. 3.2 e no Box 3.1, respectivamente.

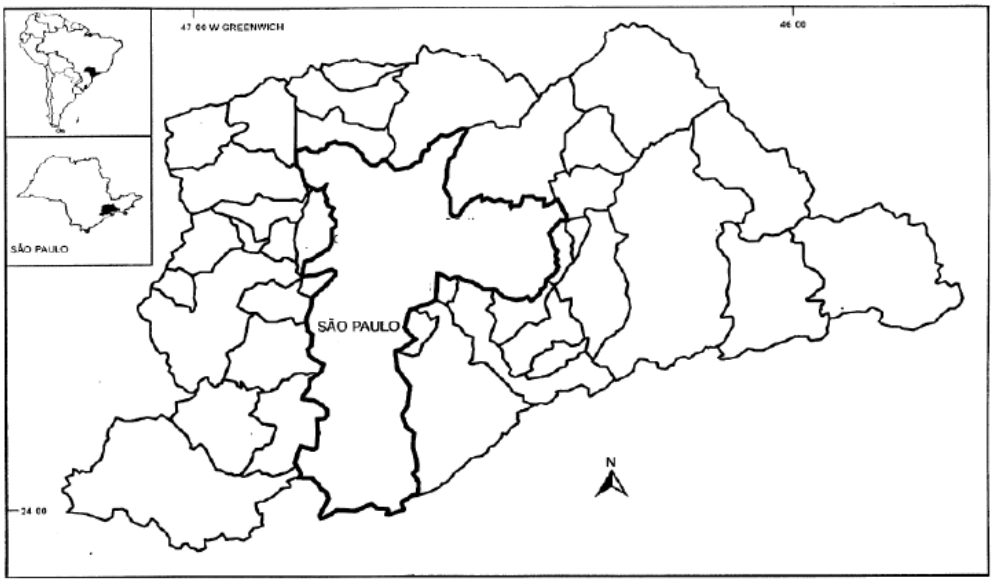

Figura 3.2 - Região Metropolitana de São Paulo - espacialização com destaque para a cidade de São Paulo face ao estado homônimo e ao Brasil. Adaptado a partir de (COLÓN et al., 2001).

Box 3.1 - Caracterização da cidade de São Paulo no contexto do presente estudo.

Devido ao seu grande contingente populacional, São Paulo foge ao padrão demográfico das cidades de países em desenvolvimento nas quais levantamentos e análises focadas no uso de combustíveis para cocção à luz dos modelos de transição energética foram realizados. A presença da cultura italiana é marcante na cidade e remonta ao final do século XIX, quando milhões de italianos trocaram seu país recém-unificado por outros lugares do mundo. Entre 1884 e 1959, cerca de 1,5 milhão de italianos imigraram para o Brasil (IBGE, 2000); deste montante, grande parte se instalou na cidade de São Paulo ou em seus arredores. O impacto da chegada de considerável número de imigrantes italianos sobre os costumes locais foi profundo - a ponto de induzir o surgimento de um novo padrão alimentar a partir da interação entre as cozinhas dos dois países (OLIVEIRA, 2006). Por ser mais acessível que outras qualidades de massas, a pizza tornou-se um alimento extremamente popular. Nos anos 2000, o consumo deste tipo de alimento na cidade de São Paulo era superior a 40 milhões de unidades ao mês, vendidas em cerca de 5.800 pizzarias (COLLAÇO, 2009). Comparando com outras metrópoles mundiais, o número de estabelecimentos é inferior apenas ao de Nova York, EUA (COLLAÇO, 2009). Embora os dados relativos ao consumo de pizzas na cidade refiram-se à década passada, eles indicam o quão presente este alimento está nos hábitos alimentícios da população da cidade.

O perfil de consumo de energia do setor residencial e comercial do estado de São Paulo indica que a região já atingiu o estágio de universalização de fontes de energia modernas. A eletricidade responde por cerca de 65% e 90%, respectivamente, da energia utilizada por estes setores (SÃO PAULO, 2012). GLP é a segunda fonte de energia mais utilizada (cerca de 30% no setor residencial e 5% no setor comercial) (SÃO PAULO, 2012). Conforme apresentado na Tabela 3.1, biomassas tradicionais como a lenha e carvão vegetal (este último incluído no item “Outros”) possuem baixa representatividade em ambos os setores, respondendo por menos de 4 e 3% da energia utilizada no setor residencial e comercial, respectivamente.

Tabela 3.1 - Matriz energética dos setores residencial e comercial do estado de São Paulo em 2011. (Outros: querosene, carvão vegetal, óleo diesel e óleo combustível).

		Lenha	GLP	Gás Natural	Eletricidade	Outros	Total
Residencial	10^3 toe	150	1436	152	3090	3	4831
	%	3,1	29,72	3,15	63,96	0,06	100
Comercial	10^3 toe	50	129	92	2086	41	2398
	%	2,1	5,4	3,8	87,0	1,7	100

Fonte: (SÃO PAULO, 2012).

A participação da lenha na matriz energética do estado de São Paulo apresentou redução nos últimos 10 anos. Em 2002, este combustível respondia por 1,9% do consumo final de energia no estado, atingindo o valor mínimo de 1,2%, em 2011 (SÃO PAULO, 2012). De um total de cerca de 8.000.000 m^3 de lenha consumida em 2011 no estado de São Paulo, o setor industrial foi responsável pelo consumo de 73,2%. O setor residencial é o segundo que mais consumiu (19,2%), seguido do setor comercial (6,4%) e, finalmente, pelo setor agropecuário (1,2%). O consumo de lenha pelo setor comercial ocorre principalmente em função dos serviços de cocção (SÃO PAULO, 2012).

3.2.2 – Levantamento e Análise de Dados

Para se conhecer os energéticos mais utilizados nos fornos de pizzarias de São Paulo, realizou-se uma pesquisa a partir de uma base de dados comercial (cotejando as pizzarias existentes na cidade de São Paulo). A amostragem foi realizada de forma a promover uma aleatorização da localização geográfica dos estabelecimentos contatados. Assim, pode-se evitar que diferenças socioeconômicas entre os bairros onde as pizzarias se localizam interferissem nos resultados obtidos. Para o cálculo do tamanho amostral, utilizou-se o nível de significância igual a 10%, erro amostral igual a 5%. No total, a amostragem envolveu 270 pizzarias.

Além do combustível utilizado nos fornos, foi pesquisado o regime de funcionamento dos estabelecimentos comerciais (entrega, tradicional – atendimento a clientes no estabelecimento – ou ambos). Esta variável foi inserida na amostragem para que se pudesse avaliar se a presença do consumidor no local onde a pizza é preparada está de alguma forma relacionada à sua opção energética.

3.3 – Resultados

Os resultados encontrados, apresentados na Tabela 3.2, indicam que a matriz energética do setor de cocção comercial em São Paulo é ao mesmo tempo diversa e altamente desequilibrada. Dos estabelecimentos amostrados, a grande maioria (88,15%) emprega exclusivamente lenha em seus fornos. Eletricidade, briquetes e GLP são utilizados por apenas 5,93, 2,59 e 0,74% das pizzarias, respectivamente. A utilização de mais de uma fonte de energia foi verificada em apenas sete das pizzarias amostradas. Destas, três (1,11%) utilizam lenha e eletricidade (os fornos a lenha são acionados apenas nos fins de semana, período em que a demanda é maior); duas (0,74%) possuem fornos elétricos e a GLP (nenhuma relação entre períodos de maior atividade e a predileção por algum destes combustíveis foi verificada) e duas (0,74%) utilizam gás e lenha concomitantemente (trata-se da utilização de fornos a lenha modernos, equipados com queimadores de gás).

No que diz respeito ao regime de funcionamento das pizzarias, a grande discrepância entre o número de amostras das diferentes categorias de energéticos utilizados impede que inferências caracteristicamente precisas sobre a relação entre estes dois aspectos sejam traçadas. Apesar disto, os dados referentes às pizzarias que utilizam os 3 energéticos mais comuns (lenha, eletricidade e briquete), indicam padrões de funcionamento bastante semelhantes, um indício de que a presença do consumidor no local em que o alimento é preparado não influencia a sua opção energética.

Tabela 3.2 - Tipos de fornos e regime de funcionamento das pizzarias na cidade de São Paulo.

			Regime de funcionamento		
Fonte de energia utilizada	**Número de amostras**	**%**	**Exclusivamente Entrega (%)**	**Exclusivamente presencial (%)**	**Ambos (%)**
Lenha	238	88,15	46,22	3,78	50
Eletricidade	16	5,93	50	6,25	43,75
Briquete	7	2,59	42,86	-	57,14
Lenha e eletricidade	3	1,11	-	-	100
GLP	2	0,74	-	-	100
GLP e eletricidade	2	0,74	100	-	-
GLP e lenha (concomitante)	2	0,74	50	-	50

3.4 – Discussão

3.4.1 – O mercado consumidor e a opção energética do setor de cocção comercial

Apesar de se tratar de um energético com participação bastante reduzida na matriz energética do estado e, principalmente, do seu setor comercial, a lenha predomina de forma significativa no nicho culinário pesquisado. A cocção é um uso final de energia em que a preferência por um determinado combustível é marcadamente forte e específica (LEACH; GOWEN, 1987), no sentido em que diferentes tipos de alimentos podem estar diretamente associados a determinadas fontes de energia, conforme discutido no capítulo 1. Estas características se expressam de forma ainda mais direta durante o processo de cocção de alimentos típicos da culinária local, situação em que o emprego de combustíveis tradicionais é considerado por muitos usuários residenciais como um fator essencial para assegurar a qualidade final destes alimentos (MASERA; SAATKAMP; KAMMEN, 2000; NANSAIOR et al., 2011). Os dados observados neste levantamento indicam que a resistência à adoção de energéticos mais sofisticados também é observada no caso dos consumidores de pizza em São Paulo.

Box 3.2 - A qualidade do alimento e a opção energética: uma contradição.

Considerando os dados sobre o regime de funcionamento das pizzarias, nota-se uma contradição. Uma vez que uma pizza entregue em domicílio tem suas propriedades alteradas em função do relativo longo intervalo entre a sua cocção e consumo e do tempo em que passa encerrada na embalagem fechada durante o processo de entrega, pode-se supor que o consumidor desta modalidade de pizza não é deveras exigente quanto à sua qualidade. Segundo essa lógica, esperar-se-ia que a porcentagem de fornos elétricos ou a gás (mais práticos e convenientes - ver Seção 3.4) fosse maior nos estabelecimentos funcionando exclusivamente sob o regime de entrega, o que não foi observado - um indício de que a forte predileção pelo energético utilizado para a cocção de pizzas se manifesta inclusive nos casos em que o alimento não será consumido em suas condições ideais.

O mecanismo por meio do qual a preferência por combustíveis tradicionais se expressa no setor comercial, porém, é diferente daquele comumente observado no setor residencial. A terceirização do serviço de cocção e, consequentemente, do uso da lenha, é, para muitos residentes de uma grande cidade (a maioria, pode-se assumir), a única forma de atendimento à demanda por um alimento preparado conforme costumes tradicionais, uma vez que o contexto amplamente urbanizado de São Paulo impõe diferentes desafios para operação residencial

destes fornos, quase sempre a inviabilizando. Respondendo ao funcionamento do mercado, segundo a lei de oferta e demanda (MANKIW, 2011), estabelecimentos comerciais se organizam de forma a utilizar esta fonte de energia menos prática e segura, do ponto de vista de fornecimento, para atender às preferências dos consumidores. A adoção da lenha é, na verdade, uma estratégia de atração de consumidores que vêem neste combustível um fator de incremento de qualidade do alimento consumido.

O grande apelo comercial do uso da lenha para a cocção de pizzas é forte o bastante a ponto de interferir na forma como os estabelecimentos anunciam o uso de outros tipos de combustíveis em seus fornos. Os briquetes, por exemplo, constituem uma fonte energética que vem sendo utilizada como alternativa à lenha em alguns estabelecimentos (2,59% dos amostrados - ver Tabela 3.2). As pizzarias que utilizam este tipo de combustível o anunciam como "lenha ecológica" - uma forma de relacioná-lo tanto ao combustível tradicional altamente valorizado pelo mercado consumidor (a lenha) quanto aos aspectos ecológicos favoráveis envolvidos na sua utilização (uma vez que se trata da utilização de resíduos agrícolas como fonte de energia). A estratégia de marketing baseada na associação de uma fonte de energia relativamente desconhecida (em face à lenha) com o combustível já conhecido e apreciado ressalta a importância de convencer o público de que o produto vendido não difere da pizza tradicional já conhecida e apreciada pelo consumidor cativo. De maneira oposta, fornos elétricos, menos valorizados pelo público, não são propagandeados pelos donos dos estabelecimentos que o utilizam, um indício que este tipo de forno não confere ao comerciante nenhum tipo de vantagem sobre um concorrente que utiliza fornos a lenha.

3.4.2 - O combustível e a qualidade do alimento

Apesar de diferentes estudos focados em consumidores residenciais apontarem que existe predileção por combustíveis tradicionais para a cocção de alimentos típicos da cultura local (ALBERTS; MOREIRA; PEREZ, 1997; HIEMSTRA-VAN DER HORST; HOVORKA, 2008; MASERA; SAATKAMP; KAMMEN, 2000; NANSAIOR et al., 2011), evidências sobre a real diferença entre um mesmo prato preparado com dois combustíveis distintos dificilmente são encontradas. Assim, não se sabe até que ponto o combustível interfere, de fato, em propriedades da comida ou apenas age como um elemento de resgate de tradições passadas. No caso da pizza, entretanto, existem evidências que indicam que o tipo de forno, e, consequentemente, o combustível utilizado, pode, de fato, alterar as

características do alimento. A diferença baseia-se no fato de que a alta temperatura (485 ^{o}C) e o subsequente curto tempo de cocção (90 segundos, no máximo) necessário para o preparo da pizza segundo a tradição original (ITÁLIA[15], 2004 *apud* BUONANNO et al., 2010) somente são atingidos em fornos a lenha (BUONANNO et al., 2010). Essas condições de cocção permitem o derretimento do queijo *mozzarella*, porém evitam a sua desidratação (LOCCI et al., 2008), resultando, teoricamente, em um alimento de qualidade superior. A preferência pela pizza preparada em um forno à lenha, portanto, não se baseia apenas em aspectos culturais relacionados ao resgate dos modos antigos do preparo do alimento, uma vez que a tecnologia do forno utilizada pode afetar diretamente a forma como o alimento se apresentará ao consumidor.

3.4.3 - Aspectos técnicos e logísticos associáveis ao uso da lenha

Utilizar lenha em detrimento de eletricidade e GLP significa abrir mão da grande praticidade destas fontes de energias modernas em um meio onde a adoção de lenha como fonte de energia implica em percalços para o gestor de uma pizzaria. O desafio se torna ainda maior em uma cidade grande como São Paulo, caracterizada, dentre outros aspectos, por problemas associados à mobilidade de sua população.

Inicialmente, há o problema do fornecimento. Enquanto a eletricidade é fornecida pelo sistema tradicional de distribuição e o GLP pode ser adquirido por revendedores localizados no interior da cidade (muitas vezes próximos ao estabelecimento comercial, inclusive), a lenha é comprada diretamente dos produtores. Isto significa que a entrega deve partir de áreas rurais situadas no entorno do núcleo urbano de São Paulo e enfrentar sua mobilidade pouco fluida no âmbito do transporte ou, sendo mais direto, o problemático tráfego da cidade – *e.g.* 80% das vias se congestionam no horário de pico vespertino, quando a velocidade média dos ônibus e carros corresponde a 12 e 17 km/h, respectivamente (VASCONCELLOS, 2005). Além disto, a cidade possui leis que restringem a circulação de veículos de carga nas suas principais vias durante o horário comercial (CET-SP, 2012), o que implica na necessidade de adoção de horários alternativos para o recebimento da lenha entregue em grandes caminhões – geralmente durante a madrugada (em função do pico de atividade no horário noturno) ou em

---

[15] ITÁLIA: Ministero delle politiche agricole e forestali. **Proposta di riconoscimento della specialità tradizionale garantita ''pizza Napoletana''**: Gazzetta Ufficiale Repubblica Italiana N. 120. 2004.

finais de semana. Constrangimentos semelhantes - como dificuldade de armazenamento e disposição final de cinzas - enfrentados por usuários residenciais que utilizam combustíveis de baixa densidade energética, como a lenha, em cidades densamente povoadas também são descritos por Sathaye e Tyler (1991).

O cenário energético de São Paulo, caracterizado pelo amplo e fácil acesso a combustíveis modernos com GLP e eletricidade e pelas dificuldades associadas à obtenção de lenha, divergem significativamente daquele traçado por Soussan et al. (1990) para algumas cidades de países em desenvolvimento no início dos anos 1990. No estudo, o acesso a combustíveis derivados do petróleo e eletricidade é caracterizado como errático e inseguro, sendo a lenha o energético mais facilmente obtido. Assim, no contexto descrito pelos autores, a segurança de fornecimento coloca a lenha em uma posição privilegiada em relação aos demais energéticos. Em São Paulo, no entanto, observa-se a situação oposta: a demanda do mercado consumidor determina a opção pela lenha apesar de ela constituir o energético cujo acesso apresenta os maiores desafios.

A Figura 3.3 exemplifica parte destes desafios. No caso retratado, o restaurante adquiriu um volume de lenha superior à sua capacidade de armazenamento interno, tornando necessário o armazenamento externo. Além do comprometimento estético do estabelecimento, a lenha armazenada desta forma dificulta o trânsito de pedestres no local, induz o acúmulo de lixo, atrai animais e está sujeita ao acúmulo não desejado de umidade em caso de chuva.

Figura 3.3 - Uma típica cena urbana: pilha de lenha em frente a uma pequena pizzaria no bairro Ipiranga, cidade de São Paulo, Brasil.

3.4.4 - Urbanização e o setor cocção comercial

Países desenvolvidos possuem maior proporção de população vivendo em áreas urbanas que os países em desenvolvimento (77,7 e 46,5% em 2011, respectivamente) (ONU, 2012). Apesar disto, em termos absolutos, a população urbana de países em desenvolvimento superou aquela vivendo em países desenvolvidos já na década de 1960. Atualmente, países em desenvolvimento contam com pouco mais de 2,5 bilhões de pessoas vivendo em cidades; em países desenvolvidos, este número corresponde a cerca de 950 milhões (ONU, 2012)[16]. A grande quantidade de pessoas alocadas em cidades de países em desenvolvimento ressalta a importância de estudos sobre o consumo de combustíveis e a transição energética neste meio.

Apesar da importância da questão, a discussão sobre os aspectos da urbanização que influenciam o consumo energético residencial pode ser prejudicada pela falta de consenso sobre a definição de áreas urbanas (COHEN, 2004). Diferentes critérios de classificação de população rural e urbana (*e.g.* tamanho da população, densidade demográfica, funções econômicas, limites administrativos) são arbitrariamente adotados por diferentes países e esta subjetividade constitui um obstáculo fundamental para as pesquisas sobre urbanização em

[16] No início do século XX, pouco mais de 10 cidades no mundo tinham mais que 1 milhão de habitantes, a maior parte delas em países industrializados. Em 2006, o mundo já contava com cerca de 400 cidades com mais de 1 milhão de habitantes. Destas, aproximadamente 70% localizavam-se em países em desenvolvimento (COHEN, 2006).

escala global, em particular em países em desenvolvimento onde o processo ocorre de forma mais acentuada (COHEN, 2006). Cidades com mais de 2.000 habitantes de países como Argentina, Etiópia e Angola, por exemplo, são consideradas núcleos urbanos pela ONU, enquanto que em Benin uma cidade deve ter mais de 10.000 habitantes para ser considerada urbana (COHEN, 2004).

A dificuldade envolvida nas análises sobre urbanização e suas consequências decorrentes é refletida nos estudos sobre o consumo de energia em áreas urbanas. Exemplo disto é a grande amplitude do tamanho populacional dos núcleos urbanos típicos de pesquisas sobre o tema em foco. Nansaior et al. (2011), por exemplo, analisa um núcleo urbano com cerca de 100.000 habitantes na Tailândia; Hiemstra-van der Horst e Hovorka (2008) estudaram um núcleo urbano ainda menor, com cerca de 45 mil habitantes em Botsuana. Considerando o tamanho muito superior do núcleo urbano abordado no presente estudo (cerca de 20 milhões de habitantes na região metropolitana da cidade de São Paulo), fica claro que há desafios para se encontrar padrões e mecanismos comparáveis de uso e substituição de energéticos nestes meios.

Independentemente do critério de núcleo urbano adotado, o aumento do consumo de alimentos preparados em estabelecimentos comerciais é uma característica marcante do processo de urbanização, principalmente em países em desenvolvimento (POPKIN, 1999)[17]. Se por um lado a oferta de serviços terceirizados e a presença de sistemas eficientes de distribuição de alimentos nestes países muitas vezes se limitam às áreas urbanas (POPKIN; BISGROVE, 1988), o aumento do custo de oportunidade do tempo das mulheres em função da modernização da economia do um país também é um fator que provoca o aumento da busca por alimentos prontos como forma de poupar tempo (POPKIN, 2006). Aspectos do consumo de combustíveis em grandes cidades relacionados à questão de gênero serão discutidos na próxima seção.

3.4.5 - O papel da mulher na opção energética em grandes cidades

A inserção feminina no mercado de trabalho e a consequente valorização de seu tempo, fenômeno relacionado ao processo de urbanização, coloca a mulher em um ponto central da discussão sobre a transição de energéticos utilizados para a cocção em grandes

[17] Na região sudeste do Brasil, onde o estado de São Paulo se localiza, o percentual de despesas com alimentação fora de casa em relação às despesas totais de alimentação de uma família passou de 26,9% no biênio 2002-2003 para 37,2% no biênio 2008-2009 (IBGE, 2010b).

cidades. Em núcleos rurais onde o uso de biomassa para cocção é amplo, o papel da mulher frequentemente é citado como importante fator associado à opção por energéticos, principalmente porque são elas quem geralmente se responsabilizam pela busca e coleta de lenha (CORDES, 2011; POHEKAR; KUMAR; RAMACHANDRAN, 2005) e preparo da comida (BERRUETA; EDWARDS; MASERA, 2008; MASERA; NAVIA, 1997). Consequentemente, este grupo, além de crianças que permanecem constantemente no lar, constituem o principal grupo impactado pela poluição *indoor* gerada pela combustão de combustíveis tradicionais (BARNES; FLOOR, 1996; BERRUETA; EDWARDS; MASERA, 2008; GOLDEMBERG; COELHO, 2004; SOUSSAN; O'KEEFE; MUNSLOW, 1990).

O processo de urbanização, entretanto, pode contribuir para modificar a situação desfavorável à qual muitas mulheres estão sujeitas. Em grandes cidades, além das características do processo de urbanização citado na seção anterior, a inclusão das mulheres no mercado de trabalho e a tendência de redução do tamanho das famílias estão associadas ao aumento do número de refeições consumidas em estabelecimentos comerciais (SATHAYE; TYLER, 1991). Neste sentido, o empoderamento econômico da população pode mudar o papel da mulher no cenário do uso de fontes de energia para a cocção. Ao invés de estarem condicionadas a uma situação de dependência das fontes de energia tradicionais localmente disponíveis, as mulheres (assim como os homens) são elevadas à condição de tomador de decisão no que diz respeito à fonte de energia que será utilizada para o preparo de seu alimento em um estabelecimento comercial - situação bastante contrastante com aquela tipicamente observada em muitos núcleos rurais de países em desenvolvimento (CORDES, 2011). Os benefícios desta mudança são claros. Se nos meios rurais o longo período de tempo necessário para o desempenho de atividades relacionadas ao acesso e uso de combustíveis tradicionais tolhem as suas possibilidades de desenvolvimento social (GOLDEMBERG et al., 2004), no meio urbano, a monetização do tempo da mulher e a possibilidade de terceirizar as tarefas de cocção significam maior autonomia para se dedicarem a outros tipos de atividades, como investir em sua formação educacional e/ou profissional, por exemplo.

3.4.6 – Externalidades Ambientais

São Paulo está dentre os estados brasileiros que melhor controla a produção e comercialização de lenha, se destacando por ser o estado onde surgiram as Associações de Recuperação Florestal (ARF), associações privadas que promovem o replantio de essências florestais como o *Eucalyptus* spp ou *Pinus* spp, reduzindo, assim, a pressão sobre florestas

nativas [para maiores detalhes sobre as ARFs, ver Ceccon e Miramontes (2008)]. Iniciativas como estas refletem no perfil de consumo de lenha no estado. De acordo com Sindicato do Comércio Varejista de Carvão Vegetal e Lenha do Estado de São Paulo (SINCAL, 2000), que compreende pequenos produtores e consumidores de lenha e carvão vegetal no estado, espécies nativas respondem por apenas 0,6% da lenha consumida pelo setor. Florestas plantadas, basicamente compostas por espécies do gênero *Eucalyptus* e *Pinus* são responsáveis pelo atendimento de 88 e 8% da demanda por lenha, respectivamente [18]. No caso específico da lenha consumida pelas pizzarias em São Paulo, pode-se observar durante a elaboração deste trabalho a prevalência da utilização de lenha de Eucalipto nos fornos dos estabelecimentos visitados.

No que diz respeito aos impactos diretos do consumo de combustíveis sólidos sobre a saúde humana, os sistemas de exaustão dos estabelecimentos comerciais em São Paulo direcionam grande parte dos gases de combustão para o ambiente externo. Além disto, os consumidores não se expõem tão frequentemente à poluição residual - afinal, não se frequenta pizzarias diariamente – e quando o fazem, o tempo de exposição é consideravelmente menor do que aquele característico de pessoas que cozinham seus alimentos três vezes ao dia em fogões tradicionais (não seria razoável considerar que clientes permanecem, em média, mais que duas horas em uma pizzaria). Há ainda outro aspecto relevante para a discussão: o grande número de pizzarias que oferecem serviços de entrega em domicílio indica que uma parcela significativa dos consumidores opta por receber o alimento em casa, longe dos fornos a lenha. Estas características do funcionamento de uma pizzaria deixam claro que as condições de poluição indoor às quais clientes de pizzarias que utilizam fornos a lenha estão expostos são muito mais brandas do que as condições às quais usuários residenciais que dependem de lenha para cocção diária estão.

Apesar do sistema de exaustão dos gases, evidências indicam fornos de pizzarias podem afetar a qualidade do ar de restaurantes. Buonanno et al. (2010) avaliaram o ar em pizzarias na Itália e atestaram que, de fato, parâmetros de qualidade são afetados pela operação de fornos a lenha, principalmente no período de maior movimento dos estabelecimentos, quando a eficiência do exaustor dos fornos é prejudicada pela constante abertura da sua porta frontal. Logo, o grupo constituído pelos funcionários da pizzaria – em

[18] Dados do ano de 2003 indicam que a área ocupada pela Mata Atlântica do estado de São Paulo aumentou 3,8% (equivalente a 126,6 mil hectares) quando comparado com dados do decênio anterior (ZORZETTO; FIORAVANTI; FERRONI, 2003).

especial o *pizzaiolo* – é o principal afetado pela operação dos fornos. Estas pessoas, em função de seus papeis centrais no funcionamento dos estabelecimentos, expõem-se diariamente e por um longo período de tempo ao ambiente à poluição indoor provocada pelo uso de fornos a lenha e podem estar sujeitas aos diferentes impactos sobre a saúde provocados pela inalação dos poluentes emitidos pela combustão da biomassa (SMITH; MEHTA; MAEUSEZAHL-FEUZ, 2004).

A forma como a saúde humana pode ser impactada pela combustão de lenha em pizzarias difere significativamente da situação crítica observada em determinadas áreas rurais dependentes de biomassas tradicionais descrita na Seção 2.3.2 do capítulo 2. Nestes locais, as pessoas, principalmente mulheres e crianças, podem ser expor diariamente e por um longo período de tempo - que chega a até 5 horas diárias (MASERA et al., 2007; PRUNEDA-ÁLVAREZ et al., 2012) - à poluição indoor provocada pela sua combustão em fornos que muitas vezes não possuem nenhum tipo de sistema de exaustão dos gases de combustão.

A substancial melhoria nas condições do uso da lenha em pizzarias, quando comparado a comunidades rurais, está diretamente associada ao processo de urbanização e à consequente delegação do uso deste combustível ao setor comercial. Restaurantes, motivados por questões de mercado (*e.g.* atração de clientela) e de regulação de órgãos ambientais, buscam soluções para a poluição *indoor* tipicamente gerada pela combustão de lenha em ambientes fechados. A "profissionalização do uso da lenha" e a maior participação da mulher no processo de opção energética (conforme retratado na seção anterior) constituem aspectos positivos da transição energética residencial em cidades.

3.5 – Conclusões

O cenário energético e o conjunto de condições sócio-urbanas presentes em São Paulo diferem significativamente daquele de uma comunidade rural ou mesmo de um pequeno núcleo urbano. O setor de cocção comercial, inserido em um contexto de avançada urbanização fornece evidências de uma inversão no mecanismo do acesso e uso de combustíveis tradicionais classicamente retratadas em estudos focados em usuários residenciais. Em São Paulo, curiosamente, é o setor comercial (representado neste trabalho pelas pizzarias), e não o residencial, aquele que melhor detém os meios para lidar com os diferentes desafios técnicos e logísticos associadas ao uso de lenha em uma grande cidade. Neste sentido, a pressão das condições de vida em uma megalópole como São Paulo (*e.g.* longas jornadas de trabalho, tráfego problemático, alto custo imobiliário, acesso dificultado a biomassas sólidas) sobre usuários residenciais define a terceirização do uso de combustíveis

menos sofisticados como forma de promover o resgate cultural caracterizado pelo consumo de um alimento preparado de forma tradicional.

Na medida em que o GLP e a eletricidade possuem ampla penetração no setor residencial (juntos, correspondem a 90% da matriz de demanda energética do setor no estado de São Paulo) (SÃO PAULO, 2012) e são utilizados para o preparo de refeições caseiras enquanto a lenha, em vista das complexas questões logísticas de acesso e armazenamento discutidas neste trabalho, torna-se acessível apenas aos restaurantes, o status conferido a este combustível muda. Hiemstra-van der Horst e Hovorka (2008) chamam a atenção para o fato de que a caracterização da lenha como "fonte de energia dos pobres" não reflete a realidade de muitos usuários na medida em que o combustível possui penetração em diferentes extratos sociais. As evidências apresentadas neste trabalho respaldam o ponto de vista destes autores e deixam claro que, no nicho estudado, a lenha se apresenta como uma fonte de energia nobre, acessível apenas ao setor comercial e indispensável para assegurar as qualidades de um alimento tradicional. Sendo seu uso para cocção praticamente restrito a estabelecimentos comerciais, a lenha (e a comida preparada com ela) torna-se acessível apenas aos usuários residenciais que possuem meios de se alimentarem em restaurantes - uma situação bastante diferente, ou mesmo oposta, daquela descrita por outros autores, em que a dificuldade de acesso a combustíveis modernos, e não tradicionais, era considerada um fator de "*exacerbação das desigualdades socioeconômicas já existentes em países em desenvolvimento*" (SATHAYE; TYLER, 1991).

Mesmo se tratando de um exemplo bastante específico e localizado, os resultados deste trabalho indicam que, conforme discutido no capítulo 1, a hipótese da Escada Energética não é capaz de encerrar a discussão sobre a relação entre desenvolvimento econômico, urbanização e a opção energética residencial. A substituição de combustíveis tradicionais por modernos observada no setor residencial de São Paulo (condizente com os dados apresentados no capítulo 2), embora prevista por este modelo, induz a adoção de combustíveis tradicionais por um nicho específico do setor de cocção comercial. Sendo assim, não há, afinal, abandono das fontes de energia tradicionais, mas uma acentuada redução em seu consumo e uma transferência de seu uso ao setor que melhor pode lidar com os desafios relacionados ao consumo de lenha em uma grande cidade. Além de fortalecer a percepção de que a cocção é, de fato, um serviço energético intimamente relacionado a questões culturais, a utilização de lenha para a cocção comercial, diferentemente do que se observa em comunidades rurais, não

está associada à incidência dos impactos sobre o meio ambiente e o desenvolvimento humano descritos no capítulo 2.

O mercado consumidor, ao associar fortemente um alimento extremamente tradicional e popular (pizza) a um combustível específico (lenha), suplanta a influência de outras *driving forces* da opção energética do nicho de cocção comercial (*e.g.* aspectos técnicos, logísticos, práticos). Assim, no contexto das fontes de energia que suprirão a demanda deste setor, o desenvolvimento econômico e a urbanização, ao elevar o consumidor à condição de definidor do energético mais apropriado para o preparo de seu alimento, pode influenciar a estrutura da matriz energética de grandes cidades. Na medida em que a relação "alimento – combustível" pode se expressar de maneiras diferentes para outros alimentos, uma consequência da mudança na relação entre usuário residencial e combustível utilizado para a cocção de seu alimento é a ampliação da gama de energéticos consumidos pelo setor comercial. No presente estudo de caso, observou-se que a "modernização" das fontes de energia residenciais ocorre concomitantemente à inserção de novos energéticos (parte deles tradicionais) na matriz energética de estabelecimentos comerciais. Este fenômeno, aderente à hipótese do Acúmulo de Combustíveis, fornece evidências de que este modelo é capaz de abarcar com maior precisão a transição energética decorrente do processo de urbanização e aumento de renda da população.

4 – Considerações Finais

Em seu livro sobre a evolução dos serviços energéticos na Inglaterra, Fouquet (2008) descreve as condições de acesso e consumo residencial de combustíveis tradicionais no século XIII. Segundo o autor, o tempo gasto durante a procura, catação, transporte e utilização da lenha era significativo e podia limitar a execução de outras tarefas domésticas. A restrição de tempo decorrente do seu uso significava piores condições de higiene do domicílio e menor consumo de nutrientes por parte das pessoas responsáveis por estas atividades, cenário que impactava diretamente a sua saúde daqueles que dependiam do combustível para serviços energéticos básicos como cocção e aquecimento. Além disto, as lareiras utilizadas na época não eram dotadas de sistemas de exaustão dos gases da combustão (*e.g.* chaminé) e a grande concentração de fumaça no interior das casas era responsável pela incidência de doenças pulmonárias e redução da expectativa de vida das pessoas.

Este relato, apesar de remeter a uma situação típica da Europa medieval, poderia ser também descrever com razoável precisão a situação observada atualmente em muitos países, incluindo o Brasil, onde uma parcela significativa da população utiliza combustíveis tradicionais como fonte de energia para cocção e aquecimento de água e do ambiente. Passados 700 anos desde o cenário apresentado por Fouquet (2008), domicílios de países em desenvolvimento seguem queimando lenha em fogões tradicionais ou fogos abertos cuja ineficiência e ausência de sistemas de ventilação apropriados impactam a saúde de milhões de pessoas por ano. Além disso, os efeitos adversos decorrentes do uso inadequado da lenha sobre o meio ambiente e o desenvolvimento social, conforme exposto no capítulo 2, podem atingir dimensões alarmantes e têm sido amplamente discutidos na literatura científica.

A semelhança entre as formas de utilização da lenha nas duas situações apresentadas ressalta o quão pouco evoluiu a "tecnologia da lenha" residencial nos últimos séculos. Talvez o exemplo mais marcante desta estagnação seja a ainda recorrente utilização de fogueiras ou fogos abertos (descritos no capítulo 2). Bastante comum em muitos países em desenvolvimento, esta forma de cocção provavelmente acompanha os ancestrais da espécie humana desde que eles se tornaram capazes de promover o uso controlado do fogo para o preparo de seu alimento. Em outras palavras, trata-se do emprego de uma mesma tecnologia de cocção por centenas de milhares de anos.

O tímido desenvolvimento tecnológico do uso da lenha mencionado está relacionado a outro relevante aspecto da questão, o elevado grau de incerteza acerca dos mecanismos que determinam a opção energética residencial, principalmente no que diz respeito às fontes de

energia tradicionais. Uma vez que não há clareza acerca dos principais fatores que influenciam este processo, políticas públicas voltadas para a promoção de fontes de energia e serviços energéticos limpos baseadas nas diferentes interpretações deste fenômeno (mais especificamente, os dois modelos de transição energética mencionados neste trabalho) podem produzir resultados distintos. Elucidar quais iniciativas melhor se adéquam à realidade da maioria dos usuários de biomassas sólidas, portanto, constitui um esforço necessário para a elevação da qualidade de vida de uma significativa parcela da população dos países em desenvolvimento.

A hipótese da Escada Energética foi o modelo mais utilizado para interpretar o processo de transição energética residencial até o surgimento do modelo do Acúmulo de Combustíveis. As políticas públicas baseadas nela promovem uma clara contraposição entre as chamadas fontes de energia modernas e tradicionais. Enquanto a primeira categoria é composta por energéticos cujos usos finais, em geral, são desempenhados com eficiência relativamente alta e não estão associados à geração de poluição local (ou seja, que afete diretamente o usuário final), a segunda abarca energéticos que possuem baixa eficiência de conversão final e geram algum tipo de poluição (geralmente gases de combustão) que podem afetar diretamente as pessoas que o utilizam. O conceito relacionado a formas modernas e tradicionais de energia já foi utilizado inclusive para a distinção de diferentes tipos de biomassas. No Box 4.1 são apresentados mais detalhes sobre tal proposta.

Box 4.1 – Biomassa moderna x biomassa tradicional.

Goldemberg e Coelho (2004) propuseram a distinção entre biomassas tradicionais e modernas no contexto dos levantamentos estatísticos sobre matrizes energéticas. Segundo a definição dos autores, baseada na origem e uso final do combustível, biomassas modernas são produzidas de forma sustentável e utilizadas como fontes de energia para produção de calor, eletricidade e para o setor de transportes (o conceito exclui o uso de biomassa na forma de lenha). Já as biomassas tradicionais são obtidas de forma insustentável e são utilizadas como uma fonte de energia não-comercial, geralmente para cocção em países em desenvolvimento. Apesar de poder contribuir para a melhoria da qualidade e assertividade de estatísticas sobre energias renováveis, a divisão proposta não é ampla o suficiente para abarcar todos os usos que se faz de biomassas e pode levar a conclusões errôneas em determinadas situações. A lenha utilizada pelas pizzarias de São Paulo, por exemplo, apesar de ser considerada uma biomassa tradicional segundo os critérios definidos, é produzida a partir de cultivos florestais e obtida a por meio de transações comerciais. Além disto, esta fonte de energia costuma ser empregada em fornos sofisticados, conforme ilustrado na Fig. 4.1.

Do ponto de vista da energia residencial, a definição sugere que todas as formas de extrativismo de lenha para consumo doméstico são práticas insustentáveis. Entretanto, conforme discutido no Capítulo 2, a coleta residencial de lenha e outras biomassas contribui timidamente para o desmatamento de ambientes naturais (salvo exceções pontuais) e vem sendo tratada como uma questão ambiental localizada.

Figura 4.1 – A utilização de biomassa na forma de lenha em uma pizzaria dentro de um *shopping center*. Combustível tradicional ou moderno?

Políticas energéticas que objetivam a melhoria das condições de consumo de energia da população fundamentadas na hipótese da Escada Energética se estruturam a partir da concepção de que combustíveis tradicionais apenas são utilizados porque as pessoas não possuem meios ou formas de utilizar fontes de energia modernas[19]. Consumidores de lenha e resíduos agrícolas, por exemplo, seriam "reféns" de uma situação em que as condições de acesso a fontes de energia os estariam "forçando" a utilizar estes combustíveis. Baseado nesta interpretação, tais intervenções possuem o objetivo de promover o acesso a formas de energias típicas da etapa final da transição energética (*e.g.* eletricidade, GLP) "livrando", assim, as pessoas do "fardo" imposto pela dependência de combustíveis tradicionais. Conforme discutido no capítulo 2, os resultados atingidos por estas iniciativas são positivos, porém insuficientes para garantir o acesso universal a serviços energéticos limpos para a população.

Por outro lado, políticas baseadas na interpretação do fenômeno da transição energética residencial proposta pela hipótese do Acúmulo de Combustíveis adotam uma abordagem diversa. A diferença básica consiste na forma como a relação entre o usuário final e as fontes de energia é vista. Ao invés de enxergar os energéticos tradicionais como um mal necessário para as pessoas que não possuem outras opções energéticas mais adequadas, estas intervenções reconhecem que as energias tradicionais muitas vezes são utilizadas por opção do consumidor. Isto não quer dizer, obviamente, que energéticos modernos não são necessários ou desejados, mas sim que as diferentes categorias de fonte de energia podem coexistir na estratégia energética residencial. Neste caso, o objetivo destas intervenções deixa de ser a erradicação do uso de lenha e outras biomassas sólidas, e sim a conciliação do seu consumo com a preservação da saúde humana e o meio ambiente. Em outras palavras, busca-se a "modernização do uso de combustíveis tradicionais". Programas de disseminação de FA, descritos no capítulo 2, são exemplos bastante ilustrativos de ações planejadas segundo os conceitos desta hipótese.

Do ponto de vista prático, as diferenças entre estas políticas públicas podem ser notadas a partir da observação da forma como elas se apresentam ao consumidor final de energia. As ações mais comumente promovidas por iniciativas orientadas segundo a hipótese da Escada Energética geralmente estão focadas na fonte de energia que, em teoria, seria a

[19] Fazendo uma analogia ao gráfico representativo da escada energética, apresentado na Figura 1.1, lenha e resíduos agrícolas apenas são consumidos por pessoas que por algum motivo não puderam "subir a escada energética" e, portanto, estão privadas dos combustíveis característicos da etapa final da transição.

mais adequada para o público alvo. Programas de eletrificação rural e políticas de subsídio ao GLP constituem dois exemplos de mecanismos adotados para se atingir este fim. Basicamente, estas ações buscam promover um "*leapfrog*" para os "degraus mais altos" da Escada Energética. Já as iniciativas orientadas segundo o modelo do Acúmulo de Combustíveis deslocam o foco das ações das fontes de energia para os serviços energéticos demandados. Assim, ao invés de objetivarem a universalização de energias modernas, tais ações são desenhadas com o intuito de universalizar usos finais limpos, independente do combustível utilizado para atendê-los.

Duas recentes iniciativas internacionais podem exemplificar este contraste. A primeira delas, a *"Global Clean Cooking Fuel Initiative"* (GCCFI – Iniciativa Global para Combustíveis de Cocção Limpos) (GOLDEMBERG et al., 2004) defende o envolvimento de governos e a iniciativa privada para eliminar, em um período de 10 a 15 anos a partir do seu lançamento, no ano 2004, o uso de combustíveis sólidos para cocção e aquecimento ao redor do mundo. De acordo com seus organizadores, a GCCFI objetiva acelerar a ascensão da população, em especial a sua camada mais pobre, na Escada Energética, colocando-as em condição de acesso aos combustíveis típicos dos "degraus mais altos". Já a segunda, a "*Global Alliance for Clean Cookstoves"* (GACC – Aliança Global para Fogões Limpos) (CORDES, 2011), adota uma abordagem mais próxima da hipótese do Acúmulo de Combustíveis. Ao reconhecer a complexidade da opção energética residencial (principalmente no que diz respeito à cocção) e que combustíveis modernos nem sempre são capazes de deslocar completamente combustíveis tradicionais, a iniciativa tem como objetivo distribuir 100 milhões de fogões aprimorados (FA) até o ano de 2020. Governos ou outras instituições que promovem a disseminação FA reconhecem que os impactos decorrentes do consumo inadequado de biomassas sólidas para a cocção não estão apenas associados aos combustíveis, mas também aos utensílios em que eles são utilizados. Neste contexto, FA podem ser vistos como um esforço de reversão da condição de estagnação tecnológica que a lenha utilizada para fins residenciais permaneceu por tanto tempo[20]. Buscando uma abordagem menos limitada que não exclua a possibilidade de viabilização do consumo de combustíveis tradicionais em função dos impactos decorrentes da forma como eles vêm sendo utilizados

[20] O estudo de caso apresentado no Capítulo 3 e a Figura 4.1 evidenciam uma situação em que a tecnologia (além das necessárias adaptações logísticas mencionadas no texto) permitiu que um combustível tradicional fosse utilizado por um grande número de estabelecimentos comerciais em um contexto altamente urbanizado. Não fosse o sistema de exaustão e portas frontais dos fornos utilizados nestas pizzarias, a utilização de lenha para o preparo de pizzas em São Paulo dificilmente se viabilizaria, uma vez que os estabelecimentos que gerassem altos índices de poluição *indoor* encontrariam dificuldades para obtenção de alvará de funcionamento e certamente não seriam capazes de atrair clientes.

atualmente (ver capítulo 2 para maiores detalhes sobre estas externalidades), iniciativas de disseminação de FA apostam na inovação tecnológica do uso da lenha como forma de permitir que usuários residenciais possam optar livremente pela fonte de energia que atenderá às suas demandas por serviços energéticos.

As diferenças conceituais entre as formas de atuação de programas de promoção de fontes de energia e serviços energéticos limpos não impede que medidas de ambas as naturezas sejam adotadas em determinadas iniciativas. Trata-se do caso, por exemplo, do trabalho publicado por Jacobson et al. (2013) sobre a necessidade de melhoria da qualidade da iluminação em residências onde este serviço energético é desempenhado por lâmpadas de querosene ineficientes. Segundo os autores do estudo, tanto a implementação de novas tecnologias de iluminação, como diodos emissores de luz (LED) carregados por sistemas fotovoltaicos, por exemplo, quanto a substituição das lâmpadas a querosene por modelos mais eficientes são estratégias que podem contribuir para a melhoria das condições de iluminação residencial em áreas rurais de países em desenvolvimento. Neste caso, entretanto, cabe ressaltar que a influência de aspectos culturais sobre este serviço energético, diferentemente da cocção, é limitada, o que torna mais simples o processo de adoção de novas tecnologias de iluminação pelo usuário final.

A discussão promovida nesta seção não deve ser vista como uma defesa de uma determinada fonte de energia em detrimento de outra. Assim como as iniciativas e programas ora citados, o objetivo primordial deste trabalho é contribuir para a melhoria das condições de vida das pessoas cujo acesso às fontes de energias necessárias para atender suas demandas básicas por serviços energéticos é inadequado. Para atingir tal meta, buscou-se imparcialidade durante a reconstrução do histórico de concepção dos principais modelos de transição energética residencial e análises sobre a aderência deles aos fenômenos observados nos locais onde os combustíveis tradicionais são comumente utilizados.

Entretanto, as evidências e análises ora apresentadas permitem que seja feita defesa de um modelo de transição energética em detrimento de outro, e consequentemente, de uma forma de atuação de programa de acesso a serviços energéticos limpos em detrimento de outra. Conforme se pôde observar ao longo do trabalho, o modelo do Acúmulo de Combustíveis é capaz de interpretar com maior fidelidade as complexas, e muitas vezes sutis, particularidades do processo de escolha e consumo de energia residencial. Logo, iniciativas públicas baseadas nesta forma de entender o fenômeno tendem a possuir maiores chances de promover efetivas melhorias na qualidade de vida da população. Ao invés de limitar as opções

de fontes de energia disponíveis para o consumidor final, conforme tipicamente observa-se em políticas públicas derivadas da hipótese da Escada Energética (focadas na disseminação de energias modernas), políticas alinhadas com a hipótese do Acúmulo de Combustíveis têm como resultado a ampliação do leque de opções de fontes de energias disponíveis ao usuário final. Desde que o serviço energético seja prestado livre da incidência dos impactos discutidos ao longo deste trabalho, não há nenhum tipo de "julgamento de valor" sobre o combustível utilizado. Uma comunidade em que o uso de lenha para o preparo de comidas típicas da cultura local é comum, por exemplo, deveria poder manter suas tradições sem sofrer os impactos decorrentes do uso inadequado de biomassas sólidas, caso este seja o seu desejo[21]. Isto não significa que programas de eletrificação ou de obtenção de acesso facilitado ao GLP não deveriam ser estimulados; afinal, muitos dos usos finais desempenhados por combustíveis sólidos certamente podem ser mais facilmente atendidos por combustíveis modernos de maneira igualmente ou mais satisfatória para o usuário final (como é o caso da iluminação ou até mesmo da cocção de alguns tipos de alimentos, por exemplo).

O consumo mais limpo e eficiente da lenha e outras biomassas sólidas pode elevar estas fontes de energia a uma posição mais próxima dos chamados "combustíveis modernos" no que diz respeito à qualidade do serviço energético desempenhado. A utilização de lenha em FA sugere que combustíveis muitas vezes considerados "sujos" ou "atrasados" podem oferecer serviços energéticos limpos desde que sejam utilizados em utensílios adequados. Assim como a lenha empregada em um fogão tradicional ou em uma fogueira, o GLP empregado em um fogão que não esteja operando corretamente (um determinado defeito que acarrete escape de gás, por exemplo) pode colocar em risco a saúde das pessoas que o estiverem utilizando.

Taxar a lenha como um combustível atrasado e defender a sua total substituição por fontes de energia mais modernas como única estratégia para melhorar a qualidade dos serviços energéticos residenciais constitui uma abordagem demasiadamente simplista para a questão da transição energética residencial. Combustíveis tradicionais são, em muitos lugares, fontes de energia não-monetizadas que desempenham um papel central na estratégia energética de uma família. Políticas públicas derivadas da hipótese do Acúmulo de Combustíveis reconhecem a importância destes energéticos e, ao invés de objetivar a modernização das fontes de energia, buscam modernizar o uso das fontes de energia

[21] Embora se trate do setor comercial, e não residencial, o consumo de lenha pelas pizzarias de São Paulo, retratado no capítulo 3, ilustra uma situação em que tal liberdade de escolha manteve viva uma tradição da culinária local.

tradicionais. Ao permitir que serviços energéticos limpos e eficientes sejam oferecidos a um custo baixo ou até mesmo inexistente[22], tais iniciativas se tornam especialmente relevante para a camada mais pobre da população, que sabidamente utiliza maior proporção de sua renda para cobrir seus gastos energéticos.

Garantir o uso residencial limpo e eficiente da lenha possui relação direta com a promoção do desenvolvimento humano. Para a população de baixa renda, em especial aquela que vive em áreas rurais, esta relação é marcadamente clara. O uso sustentável da lenha permite que famílias atendam uma relevante parcela da sua demanda energética por meio de um combustível cujo acesso muitas vezes é gratuito, sem colocar em risco a saúde de seus integrantes ou o ambiente em que eles estão inseridos. Além disto, a utilização da lenha implica no aumento da segurança energética de um domicílio, uma vez que confere maior independência em relação a fontes de energia comerciais, nem sempre economicamente acessíveis ou disponíveis com frequência apropriada (há locais no Brasil em que caminhões de entrega de GLP, por exemplo, atendem a população apenas semanalmente). A partir desta ótica, o papel desempenhado por FAs extrapola aquele de um simples dispositivo de cocção limpo e eficiente na medida em que se tornam instrumentos de empoderamento socioeconômico da camada menos favorecida da população.

[22] Não levando em conta o custo de oportunidade do tempo gasto com as atividades de coleta e transporte dos combustíveis.

5 – Referências Bibliográficas

ADVISORY GROUP ON ENERGY AND CLIMATE CHANGE. **Energy for a Sustainable Future -** Summary report and recommendations**.** New York: United Nations, 2010. p 26.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. **Statistics & Balances**. Disponível em: <http://www.iea.org/stats/index.asp>. Acesso em: 15 jan. 2013.

_____. **Energy for all:** financing access for the poor. Special early excerpt of the World Energy Outlook**.** Paris, 2011. p 52.

AKPALU, W.; DASMANI, I.; AGLOBITSE, P. B. Demand for cooking fuels in a developing country: To what extent do taste and preferences matter? **Energy Policy**, v. 39, n. 10, p. 6525-6531, out. 2011.

ALBERTS, H.; MOREIRA, C.; PEREZ, R. Firewood substitution by kerosene stoves in rural and urban areas of Nicaragua, social acceptance, energy policies, greenhouse effect and financial implications. **Energy for Sustainable Development**, v. 3, n. 5, p. 26-39, jan. 1997.

ALLEN & OVERY. **Brazil – The 2012 / 2015 Pluriannual Plan:** An investment guide. São Paulo, 2011. Disponível em: <www.allenovery.com>.

ANDRADE, C. et al. **Iniciativas de economia verde no Brasil: experiencias das unidades federativas em promover uma economia inclusiva**. Brasília: 2012. p 135. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/publicacoes/governanca-ambiental/category/141-economia-verde>.

ANDRADE, C. S.; ROSA, L. P.; DA SILVA, N. F. Generation of electric energy in isolated rural communities in the Amazon Region a proposal for the autonomy and sustainability of the local populations. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 1, p. 493-503, jan. 2011.

ARNOLD, M. et al. **Fuelwood Revisited : What Has Changed in the Last Decade ?**Jakarta, 2003.

ARNOLD, M.; PERSSON, R. Reassessing the fuelwood situation in developing countries. **International Forestry Review**, v. 5, n. 4, p. 379-383, dez. 2003.

AGRICULTURA FAMILIAR E AGROECOLOGIA. **Ecofogões trazem melhorias para a vida de mulheres agricultoras da Borborema**. 2011. Disponível em: <http://aspta.org.br/2011/05/ecofogoes-trazem-melhorias-para-a-vida-de-mulheres-agricultoras-da-borborema/>. Acesso em: 13 nov. 2012.

BAILIS, R. et al. Innovation in charcoal production: A comparative life-cycle assessment of two kiln technologies in Brazil. **Energy for Sustainable Development**, v. 17, p. 189-200, nov. 2013.

BALDWIN, S. et al. Improved woodbunning cookstoves: signs of success. **Ambio**, v. 14, n. 4, p. 280-287, 1985.

BANCO MUNDIAL. **Household Cookstoves, Environment, Health, and Climate Change: A New Look At An Old Problem**. Washington: World Bank. 2011. Disponível em: <http://climatechange.worldbank.org/sites/default/files/documents/Household Cookstoves-web.pdf>.

BARNES, D.; FLOOR, W. Rural energy in developing countries: A Challenge for Economic Development. **Annual Review of Energy and the Environment**, p. 497-530, 1996.

BAZILIAN, M. et al. Partnerships for access to modern cooking fuels and technologies. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 3, n. 4, p. 254-259, set. 2011.

BERRUETA, V. M.; EDWARDS, R.; MASERA, O. Energy performance of wood-burning cookstoves in Michoacan, Mexico. **Renewable Energy**, v. 33, n. 5, p. 859-870, maio. 2008.

BOND, T. C. A technology-based global inventory of black and organic carbon emissions from combustion. **Journal of Geophysical Research**, v. 109, p. 1-43, 2004.

BORGES, Thomaz Penteado de Freitas. **Fogão a lenha de combustão limpa**. 1994. 116 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, Campinas,1994.

BRASIL. **Plano Plurianual 2012-2015.** Brasília: Ministério do Orçamento Planejanento e Gestão , 2011. Disponível em: <http://www.planejamento.gov.br/noticia.asp?p=not&cod=7571&cat=155&sec=10>

BRITO, J. O. Fuelwood utilization in Brazil. **Biomass and Bioenergy**, v. 12, n. 1, p. 69-74, 1997.

BRITO, J. O. The use of wood as energy. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 185-193, 2007.

BUONANNO, G. et al. Exposure to particle number, surface area and PM concentrations in pizzerias. **Atmospheric Environment**, v. 44, n. 32, p. 3963-3969, out. 2010.

CEARÁ. **Fundo Estadual de Combate à Pobreza - Relatório de Desempenho 2008-2011**. Fortaleza: Secretaria do Plenajamento e Gestão. Disponível em: <http://fecop.seplag.ce.gov.br/projetos>. Acesso em: 20 out. 2012.

CECCON, E.; MIRAMONTES, O. Reversing deforestation? Bioenergy and society in two Brazilian models. **Ecological Economics**, v. 67, n. 2, p. 311-317, set. 2008.

CENTRO DE PESQUISAS AMBIENTAIS DO NORDESTE. **Ecofogão é alternativa energética sustentável**. 2012. Disponível em: <http://cepan.org.br/noticia-detalhe.php?id=156>. Acesso em: 12 nov. 2012.

COHEN, B. Urban Growth in Developing Countries: A Review of Current Trends and a Caution Regarding Existing Forecasts. **World Development**, v. 32, n. 1, p. 23-51, jan. 2004.

COHEN, B. Urbanization in developing countries: Current trends, future projections, and key challenges for sustainability. **Technology in Society**, v. 28, n. 1-2, p. 63-80, jan. 2006.

COLLAÇO, Janine Helfst Leicht. **Sabores e memórias: cozinha italiana e construção identitária em São Paulo**. 2009. 279 f. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Antropologia Social da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

COLÓN, M. et al. Survey of volatile organic compounds associated with automotive emissions in the urban airshed of São Paulo, Brazil. **Atmospheric Environment**, v. 35, p. 4017-4031, 2001.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DE SÃO PAULO. **Legislação referente à ZMRC e outras regulamentações de caminhões**. Disponível em: <www.cetsp.com.br/consultas/caminhoes/legislacao-vigente.aspx>. Acesso em: 10 set. 2012.

CORDES, L. **Igniting Change: A Strategy for Universal Adoption of Clean Cookstoves and fuels**. Washington, DC, 2011.

COUTO, R. **Tapping the Potential of Proalcool for the Household Energy Sector - Results of Project Gaia's 100 CleanCook Stove Pilot Study Minas Gerais State, Brazil**. 2007. Disponível em: < http://www.projectgaia.com/files/BrazilPilotFinalReport0107.pdf >.

DHERANI, M. et al. Indoor air pollution from unprocessed solid fuel use and pneumonia risk in children aged under five years: a systematic review and meta-analysis. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 86, n. 5, p. 390-398, 1 maio. 2008.

ECKHOLM, E. **The Other Energy Crisis: Firewood.** Washington: Worldwatch Institute, 1975.

EDWARDS, R. et al. Implications of changes in household stoves and fuel use in China. **Energy Policy**, v. 32, n. 3, p. 395-411, fev. 2004.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanço Energético Nacional. Ano base 2011.** Rio de Janeiro. 2012a. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioFinal2012.aspx>.

_____. **Balanço Energético Nacional - Vários anos-base**. Rio de Janeiro. 2012b. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/>.

ENERGY SECTOR MANAGEMENT ASSISTANCE PROGRAM. **Background Study for a National Rural Electrification Strategy:** Aiming for Universal Access. Washington. 2005. p 160.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **The fuelwood problem.** 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/Q4960E/q4960e02.htm#TopOfPage>. Acesso em: 28 mar. 2013.

FARSI, M.; FILIPPINI, M.; PACHAURI, S. Fuel choices in urban Indian households. **Environment and Development Economics**, v. 12, n. 06, p. 757-774, 23 nov. 2007.

FOELL, W. et al. Household cooking fuels and technologies in developing economies. **Energy Policy**, v. 39, n. 12, p. 1-10, set. 2011.

FOUQUET, R. **Heat, Power and Light: revolutions in energy services**. Cheltenham: Edward Elgar, 2008. p. 470

GEBREEGZIABHER, Z. et al. Urban energy transition and technology adoption: The case of Tigrai, northern Ethiopia. **Energy Economics**, v. 34, n. 2, p. 410-418, mar. 2012.

GIFFORD, Mary Louise. **A Global Review of Cookstove Programs**. 2010. 34 f. Dissertação de Mestrado da Universidade da California em Berkeley, California, 2010.

GLOBAL ALLIANCE FOR CLEAN COOKSTOVES. 2013. Disponível em: <http://www.cleancookstoves.org/> . Acesso em: 13 jan. 2013.

GOLDEMBERG, J. et al. A global clean cooking fuel initiative. **Energy for Sustainable Development**, v. 8, n. 3, p. 5-12, set. 2004.

GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T. Renewable energy—traditional biomass vs. modern biomass. **Energy Policy**, v. 32, n. 6, p. 711-714, abr. 2004.

GOLDEMBERG, J.; ROVERE, E. L. LA; COELHO, S. T. Expanding access to electricity in Brazil. **Energy for Sustainable Development**, v. 8, n. 4, p. 86-94, dez. 2004.

GÓMEZ, M. F.; SILVEIRA, S. Rural electrification of the Brazilian Amazon – Achievements and lessons. **Energy Policy**, v. 38, n. 10, p. 6251-6260, out. 2010.

GRIESHOP, A. P.; MARSHALL, J. D.; KANDLIKAR, M. Health and climate benefits of cookstove replacement options. **Energy Policy**, v. 39, n. 12, p. 7530-7542, dez. 2011.

GUTA, D. D. Application of an almost ideal demand system (AIDS) to Ethiopian rural residential energy use: Panel data evidence. **Energy Policy**, v. 50, p. 528-539, nov. 2012.

HELTBERG, R. Fuel switching: evidence from eight developing countries. **Energy Economics**, v. 26, n. 5, p. 869-887, set. 2004.

HELTBERG, R. Factors determining household fuel choice in Guatemala. **Environment and Development Economics**, v. 10, n. 3, p. 337-361, jun. 2005.

HIEMSTRA-VAN DER HORST, G.; HOVORKA, A. J. Reassessing the "energy ladder": Household energy use in Maun, Botswana. **Energy Policy**, v. 36, n. 9, p. 3333-3344, set. 2008.

HOSIER, R.; DOWD, J. Household fuel choice in Zimbabwe An empirical test of the energy ladder hypothesis. **Resources and Energy**, v. 9, n. 4, p. 347-361, dez. 1987.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Sobre Padrões de Vida 1996/1997**. Rio de Janeiro. 1998.

_____. **Brasil: 500 anos de povoamento**. Rio de Janeiro: 2013. Disponível em http://brasil500anos.ibge.gov.br/estatisticas-do-povoamento. Acesso em: 20 mar. 2013.

_____. **Censo Demográfico: famílias e domicílios. Resultados da Amostra.** Rio de Janeiro, 2010a. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Familias_e_Domicilios/censo_fam_dom.pdf >

_____. **Pesquisa de orçamento familiar 2008 - 2009.** Rio de Janeiro, 2010b. CD-ROM.

_____.INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produto Interno bruto dos Municípios 2004 - 2008**. Rio de Janeiro, p 212, 2010c. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pibmunicipios/2004_2008/pibmunic2004_2008.pdf>.

_____. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, p 261, 2011.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Fogões eficientes**. 2012. Disponível em: <http://www.ider.org.br/ider/index.php/pt/atuacao/projetos/12-fogoes-eficientes>. Acesso em: 13 nov. 2012.

JACOBSON, A. et al. **Black Carbon and Kerosene Lighting: An Opportunity for Rapid Action on Climate Change and Clean Energy for Development.** Washington, DC: The Brookings Institution, Policy Paper 2013-03. 2013. Disponível em: http://www.brookings.edu/research/papers /2013/04/climate-change-clean-energy-development-hultman>

JANNUZZI, G. M.; SANGA, G. A. LPG subsidies in Brazil: an estimate. **Energy for Sustainable Development**, v. 8, n. 3, p. 127-129, set. 2004.

JOHNSON, N. G.; BRYDEN, K. M. Energy supply and use in a rural West African village. **Energy**, v. 43, n. 1, p. 283-292, jul. 2012.

JONES, D. W. How urbanization affects energy-use in developing countries. **Energy Policy**, v. 19, n. 7, p. 621–630, set. 1991.

KESICKI, F. The third oil price surge – What's different this time? **Energy Policy**, v. 38, n. 3, p. 1596-1606, mar. 2010.

LEACH, G. The energy transition. **Energy Policy**, v. 20, n. 2, p. 116-123, fev. 1992.

LEACH, G.; GOWEN, M. **Household Energy Handbook - An Interim Guide and Reference Manual**. Washington: The World Bank, 1987. p. 186

LEWIS, J. J.; PATTANAYAK, S. K. Who adopts improved fuels and cookstoves? A systematic review. **Environmental health perspectives**, v. 120, n. 5, p. 637-45, maio. 2012.

LOCCI, F. et al. Detection of cow milk in cooked buffalo Mozzarella used as Pizza topping. **Food Chemistry**, v. 107, n. 3, p. 1337-1341, 1 abr. 2008.

LUCON, O.; COELHO, S. T.; GOLDEMBERG, J. LPG in Brazil: lessons and challenges. **Energy for Sustainable Development**, v. 8, n. 3, p. 82-90, set. 2004.

MADUBANSI, M.; SHACKLETON, C. M. Changes in fuelwood use and selection following electrification in the Bushbuckridge lowveld, South Africa. **Journal of environmental management**, v. 83, n. 4, p. 416-26, jun. 2007.

MAHAPATRA, A. K.; MITCHELL, C. P. Biofuel consumption, deforestation, and farm level tree growing in rural India. **Biomass and Bioenergy**, v. 17, n. 4, p. 291-303, out. 1999.

MANKIW, N. G. **Principles of Economics**. 6th. ed. Mason, USA: South-Western Cencage Learning, 2011. p. 888

MARTINS, G. **Geladeira de absorção acionada por um fogão a lenha: um estudo teórico-experimental**. 1989. 188 f. Disssertação de mestrado do Departamento de Engenharia Mecânica daUniversidade Estadual de Campinas, Campinas,1989.

MASERA, O. et al. Impact of Patsari improved cookstoves on indoor air quality in Michoacán, Mexico. **Energy for Sustainable Development**, v. 11, n. 2, p. 45-56, jun. 2007.

MASERA, O.; NAVIA, J. Fuel switching or multiple cooking fuels? Understanding inter-fuel substituition patterns in rural mexican households. **Biomass and Bioenergy**, v. 12, n. 5, p. 347-361, 1997.

MASERA, O.; DÍAZ, R.; BERRUETA, V. From cookstoves to cooking systems: the integrated program on sustainable household energy use in Mexico. **Energy for Sustainable Development**, v. 9, n. 1, p. 25-36, mar. 2005.

MASERA, O.; SAATKAMP, B.; KAMMEN, D. From Linear Fuel Switching to Multiple Cooking Strategies: A Critique and Alternative to the Energy Ladder Model. **World Development**, v. 28, n. 12, p. 2083-2103, dez. 2000.

MESTL, H. E. S.; ESKELAND, G. S. Richer and healthier, but not Greener? Choices concerning household energy use in India. **Energy Policy**, v. 37, n. 8, p. 3009-3019, ago. 2009.

MIAH, M. D. et al. Domestic energy-use pattern by the households: A comparison between rural and semi-urban areas of Noakhali in Bangladesh. **Energy Policy**, v. 39, n. 6, p. 3757-3765, jun. 2011.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Informativo Luz para Todos 37.** Brasília, 2012a.

_____. **Informativo Luz para Todos 38.** Brasília, 2012b.

NANSAIOR, A. et al. Climbing the energy ladder or diversifying energy sources? The continuing importance of household use of biomass energy in urbanizing communities in Northeast Thailand. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, n. 10, p. 4180-4188, jul. 2011.

NGUI, D. et al. Household energy demand in Kenya: An application of the linear approximate almost ideal demand system (LA-AIDS). **Energy Policy**, v. 39, n. 11, p. 7084-7094, nov. 2011.

OBERMAIER, M. et al. An assessment of electricity and income distributional trends following rural electrification in poor northeast Brazil. **Energy Policy**, v. 49, p. 531-540, out. 2012.

OLIVEIRA, F. Padrões alimentares em mudança : a cozinha italiana no interior paulista. **Revista Brasileira de História**, v. 26, n. 51, p. 47-62, 2006.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **The global burden of disease - 2004 udpate**. Genebra: [s.n.]. Disponível em: <http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/2004_report_update/en/index.html>.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **World Urbanization Prospects, the 2011 revision**. Nova York, 2012. Disponível em: http://esa.un.org/unpd/wup/index.htm.

_____. **Sustainable Energy For All**. 2013. Disponível em: <http://www.sustainableenergyforall.org/>. Acesso em: 20 jan. 2013.

OUEDRAOGO, B. Household energy preferences for cooking in urban Ouagadougou, Burkina Faso. **Energy Policy**, v. 34, n. 18, p. 3787-3795, dez. 2006.

PACHAURI, S.; JIANG, L. The household energy transition in India and China. **Energy Policy**, v. 36, n. 11, p. 4022-4035, nov. 2008.

PENG, W.; HISHAM, Z.; PAN, J. Household level fuel switching in rural Hubei. **Energy for Sustainable Development**, v. 14, n. 3, p. 238-244, set. 2010.

PEREIRA, M. G.; FREITAS, M. A. V.; DA SILVA, N. F. Rural electrification and energy poverty: Empirical evidences from Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 4, p. 1229-1240, maio. 2010.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO e ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **The Energy Access Situation in Developing Countries: a review focusing on the least developed countries and sub-saharan Africa**. New York, 2009. p 151.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Achieving the millennium development goals: the role of energy services. Case studies from Brazil, Mali and thr Philippines**. New York. 2005. p 78.

_____. **Fogão ecológico ajuda a preservar Caatinga**. 2006. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/Noticia.aspx?id=1185>. Acesso em: 13 nov. 2012.

POHEKAR, S.; KUMAR, D.; RAMACHANDRAN, M. Dissemination of cooking energy alternatives in India—a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 9, n. 4, p. 379-393, ago. 2005.

POPKIN, B. Urbanization, Lifestyle Changes and the Nutrition Transition. **World Development**, v. 27, n. 11, p. 1905-1916, nov. 1999.

POPKIN, B. Technology, transport, globalization and the nutrition transition food policy. **Food Policy**, v. 31, n. 6, p. 554-569, dez. 2006.

POPKIN, B.; BISGROVE, E. Urbanization and nutrition in low-income countries. **Food and Nutrition Bulletin**, v. 10, n. 1, p. 2-23, 1988.

PRADO, M. Preço alto faz consumidor trocar gás de cozinha por lenha. **Folha de São Paulo**, 2003.

PRUNEDA-ÁLVAREZ, L. G. et al. Exposure to indoor air pollutants (polycyclic aromatic hydrocarbons, toluene, benzene) in Mexican indigenous women. **Indoor air**, v. 22, n. 2, p. 140-7, abr. 2012.

RAMOS, M. A. et al. Use and knowledge of fuelwood in an area of Caatinga vegetation in NE Brazil. **Biomass and Bioenergy**, v. 32, n. 6, p. 510-517, jun. 2008.

RAMOS, M. A.; ALBUQUERQUE, U. P. DE. The domestic use of firewood in rural communities of the Caatinga: How seasonality interferes with patterns of firewood collection. **Biomass and Bioenergy**, v. 39, p. 147-158, abr. 2012.

REHMAN, I. H. et al. Rural energy transitions in developing countries: a case of the Uttam Urja initiative in India. **Environmental Science & Policy**, v. 13, n. 4, p. 303-311, jun. 2010.

RUIZ, B. J.; RODRÍGUEZ, V.; BERMANN, C. Analysis and perspectives of the government programs to promote the renewable electricity generation in Brazil. **Energy Policy**, v. 35, n. 5, p. 2989-2994, maio. 2007.

RUIZ-MERCADO, I. et al. Adoption and sustained use of improved cookstoves. **Energy Policy**, v. 39, n. 12, p. 7557-7566, dez. 2011.

SÃO PAULO. **Balanço Energético do Estado de São Paulo 2012. Ano Base: 2011**. São Paulo: Secretaria de Energia. 2012. Disponível em: <http://www.energia.sp.gov.br>.

SATHAYE, J.; TYLER, S. Transitions in household energy use in urban China, India, The Philippines, Thailand, ad Hong Kong. **Annual Review of Energy and the Environment**, v. 16, p. 295-335, 1991.

SHIBATA, H. The energy crises and Japanese response. **Resources and Energy**, v. 5, n. 2, p. 129-154, jun. 1983.

SINDICATO DO COMÉRCIO VAREJISTA DE CARVÃO VEGETAL E LENHA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Diagnóstico Sobre a Cadeia Produtiva de Carvão Vegetal e Lenha do Estado de São Paulo - Relatório Final**. São Paulo, p 66, 2000. Disponível em: <http://www.ipef.br/tecprodutos/procarvao/procarvao.pdf>.

SMITH, K. R. et al. Air pollution and the energy ladder in asian cities. **Energy**, v. 19, n. 5, p. 587-600, maio. 1994.

SMITH, K. R.; MEHTA, S.; MAEUSEZAHL-FEUZ, M. Indoor air pollution from household use of solid fuels. In: EZZATI, M. et al. (Eds.). **Comparative quantification of health risks - Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors**. 1st. ed. Geneva: World Health Organization, 2004. p. 1435-1493.

SOUSSAN, J.; O'KEEFE, P.; MUNSLOW, B. Urban fuelwood challenges and dilemmas. **Energy Policy**, v. 18, n. 6, p. 572-582, jul. 1990.

SUDHA, P. et al. Sustainable biomass production for energy in India. **Biomass and Bioenergy**, v. 25, n. 5, p. 501-515, 2003.

SZKLO, A. S. et al. Brazilian energy policies side-effects on CO2 emissions reduction. **Energy Policy**, v. 33, n. 3, p. 349-364, fev. 2005.

TOONEN, H. Adapting to an innovation: Solar cooking in the urban households of Ouagadougou (Burkina Faso). **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 34, n. 1-2, p. 65-71, 2009.

TRONCOSO, K. et al. Social perceptions about a technological innovation for fuelwood cooking: Case study in rural Mexico. **Energy Policy**, v. 35, n. 5, p. 2799-2810, maio. 2007.

TROSSERO, M. Wood energy: the way ahead. **Unasylva**, v. 53, n. 221, p. 3-12, 2002.

UHLIG, A. **Lenha e carvão vegetal no Brasil :** balanço oferta-demanda e métodos para a estimação do consumo. 2008. 124 f. Tese de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

VAN ELS, R. H.; VIANNA, J. N. S.; BRASIL, A. C. P. The Brazilian experience of rural electrification in the Amazon with decentralized generation – The need to change the paradigm from electrification to development. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 3, p. 1450-1461, abr. 2012.

VASCONCELLOS, E. Transport metabolism, social diversity and equity: The case of São Paulo, Brazil. **Journal of Transport Geography**, v. 13, n. 4, p. 329-339, dez. 2005.

WICKRAMASINGHE, A. Energy access and transition to cleaner cooking fuels and technologies in Sri Lanka: Issues and policy limitations. **Energy Policy**, v. 39, n. 12, p. 7567-7574, dez. 2011.

WIJAYATUNGA, P.; ATTALAGE, R. Analysis of household cooking energy demand and its environmental impact in Sri Lanka. **Energy Conversion and Management**, v. 43, n. 16, p. 2213-2223, nov. 2002.

WILCOX-MOORE, K. et al. The Influence of Socioeconomic Status and Fuelwood Access on Domestic Fuelwood Use in the Brazilian Atlantic Forest. **Journal of Latin American Geography**, v. 10, n. 2, p. 195-216, 2011.

WINROCK INTERNATIONAL BRAZIL. **International Meeting on Indoor Air Pollution , Fuel Efficient Stoves and Sustainable Development.** Salvador, 2007. Disponível em: <http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADI781.pdf>

XIAOHUA, W.; ZHENMIN, F. Common factors and major characteristics of household energy consumption in comparatively well-off rural China. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 7, n. 6, p. 545-552, dez. 2003.

ZORZETTO, R.; FIORAVANTI, C.; FERRONI, M. A floresta renasce. **Revista Pesquisa FAPESP**, v. 91, 2003.

ZULU, L. C. The forbidden fuel: Charcoal, urban woodfuel demand and supply dynamics, community forest management and woodfuel policy in Malawi. **Energy Policy**, v. 38, n. 7, p. 3717-3730, jul. 2010.