



**XXIII SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GET/07
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO – XIV

**GRUPO DE ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E GESTÃO DA TECNOLOGIA, DA INOVAÇÃO E DA
EDUCAÇÃO – GET**

**EFICIÊNCIA NO USO DE RECURSOS NATURAIS PARA PRODUÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA: UM
ESTUDO COMPARATIVO ENTRE TRINTA EMPRESAS NO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL**

Vilela, Marcio M. (*)
Escola Politécnica - USP

Grimoni, José A.B.
Escola Politécnica - USP

Burani, Geraldo F.
IEE-USP

RESUMO

São analisadas informações - do setor de micro e pequenas empresas de cerâmica vermelha - voltadas à redução do consumo de energia, custos operacionais e impactos ambientais, bem como discute as possíveis ferramentas a serem utilizadas para sua execução. A metodologia utilizada pode permitir a identificação de erros e acertos nas políticas de aumento de eficiência global das empresas, definição de padrões de eficiência para uma determinada tecnologia, de emissão de gases de efeito estufa e de metas a serem atingidas a partir da definição de políticas para o setor.

PALAVRAS-CHAVE

Energia; racionalização; emissão de gases de efeito estufa

1.0 - INTRODUÇÃO

Em países em desenvolvimento, o setor de cerâmica vermelha é reconhecido como grande emissor de poluição e gases de efeito estufa (GEE), destruidor de florestas, biodiversidade, recursos naturais e gerador de resíduos. O principal caminho para redução destes impactos é através da adoção de políticas de conservação, racionalização e efficientização (CRE) no uso de matéria prima e insumos envolvidos em seu sistema produtivo.

Devido principalmente à capacidade de investimentos, as grandes empresas do setor tem mais facilidade de se adaptarem às demandas de CRE, enquanto que as pequenas e micro empresas sofrem com a falta de visão, preparo e disponibilidade financeira para investimentos no setor, embora tenham menor “inercia” para mudanças estruturais e funcionais. O setor gera calor para seus processos por queima de composta de lenha; bagaço de cana; serragem, cavacos de MDF e casca de amendoim.

A indústria de cerâmica vermelha é altamente impactante ao ambiente, desde a lavra de argila até a queima de seus produtos, criando lagos artificial na região das jazidas, provocando até anos recentes o desflorestamento de matas nativas, produzindo grande quantidade de resíduos cerâmicos e emitindo grande quantidade de dióxido de carbono e particulado para a atmosfera. O aumento das emissões de GEE e suas consequências ao clima é mais um motivo para a aferição constante da eficiência energética nos processos produtivos que envolvam uso de energéticos fósseis e/ou biomassa não renovável, como é o caso do uso de florestas nativas para geração de calor.

Neste Trabalho foi estudado simultaneamente um grupo de 30 empresas do setor de cerâmica vermelha de uma região do noroeste do Estado de São Paulo, divisa com o estado do Mato Grosso do Sul (Panorama; Presidente Epitácio; Presidente Prudente e Teodoro Sampaio).

As empresas analisadas são de micro e pequeno porte, produzindo blocos cerâmicos de 6 e 9 furos e umas poucas produzindo também blocos para lajes (apenas 2 destas empresas produzem tijolos maciços). Em sua produção usam argila vermelha proveniente de reserva própria ou pela compra de terceiros e armazenada em pátio aberto e posta para descansar. (uma explicação detalhada sobre preparação de argila e técnicas de produção de peças pode ser obtida em Agrafiotis (Agrofotis - 2001)). O preparo da argila consta apenas de umedecimento e mistura de argilas para obtenção das propriedades físicas adequadas. Após passar pelo misturador, a massa é

extrudada na forma final do produto e deslocada manualmente para o local de secagem. O tempo de secagem depende das condições físicas disponíveis ou gasto com energéticos para acelerar este processo. Após a secagem, os blocos cerâmicos são dispostos dentro do forno para queima. Os principais modelos de fornos utilizados pelas empresas são:

- forno abóboda, cujo nome vem do formato em abóboda do teto
- Forno tipo paulistinha, em formato retangular

Foi verificada a existência de um forno conhecido com “caipira” - formato retangular, com queimadores na parte inferior do forno e dois fornos tipo contínuo que não entraram em operação até a data de coleta de dados. Após a queima e resfriamento, os blocos são dispostos em uma área para expedição final do produto.

2.0 - METODOLOGIA

Foram realizadas visitas a cada uma das empresas que se candidataram a participar do estudo e levantados os fatores que interferem na eficiência e produtividade das empresas analisadas e estes dados foram trabalhados na forma de indicadores - indicadores físicos e econômicos (Phylipsen – 1997). a saber: consumo de água, energia elétrica, argila, biomassa, mão de obra e emissões de gases de efeito estufa.

3.0 - RESULTADOS OBTIDOS

3.1 Resultados obtidos através de gráficos mostrando a posição relativa de cada empresa estudada

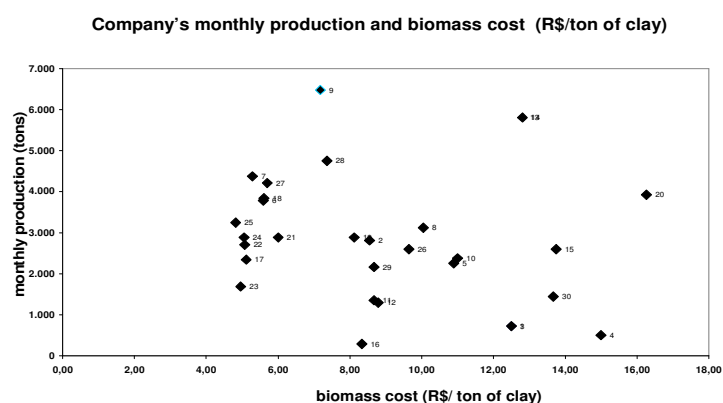


Figura 1 Custo de Biomassa por tonelada de de argila processada (R\$/tonelada de argila) e produção mensal de argila processada, em toneladas

O gráfico confirma a expectativa de não relação entre custos e eficiência no uso de biomassa com a escala de produção. Isto pode estar relacionado com diferenças de preço das diferentes biomassas utilizadas associadas à não padronização do produto e à não uniformidade de tecnologias aplicadas à queima.

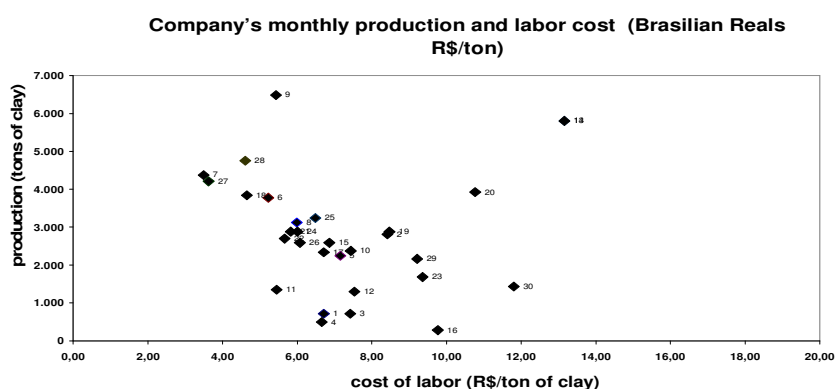


Figura 2 Comparação entre volume de produção mensal (tonelada) e custos de mão de obra por tonelada de argila processada (R\$/tonelada)

Aparentemente, não há correlação aparente entre volume de produção e os custos de mão de obra envolvidos. Na figura 3, o gasto com energia elétrica é aproximadamente uniforme, exceção feita para as empresas 3; 23; 29 e 30. Os motivos para estas exceções variam desde uso de tarifa elétrica convencional até consumos significativos de eletricidade nos horários de ponta (empresas dentro da tarifa diferenciada) e problemas administrativos que impedem a racionalização no uso do energético. A variação observada nos custos de eletricidade por tonelada

produzida é de até 6 vezes, produto principalmente das diferenças entre tarifas de energia adotadas e intensidade de energia elétrica aplicada no processo produtivo.

Nas figuras seguintes, observa-se que a soma de biomassa e mão de obra chegam a um valor médio de 60% dos custos. Somando-se aos custos de argila, o valor sobe para um valor médio de 90% dos custos de produção - quando avaliados apenas os cinco indicadores citados. O custo pelo consumo de água é insignificante frente aos outros indicadores. A soma de mão de obra e eletricidade (citadas pelos empresários como concorrentes entre si) representam cerca de 35% do total.

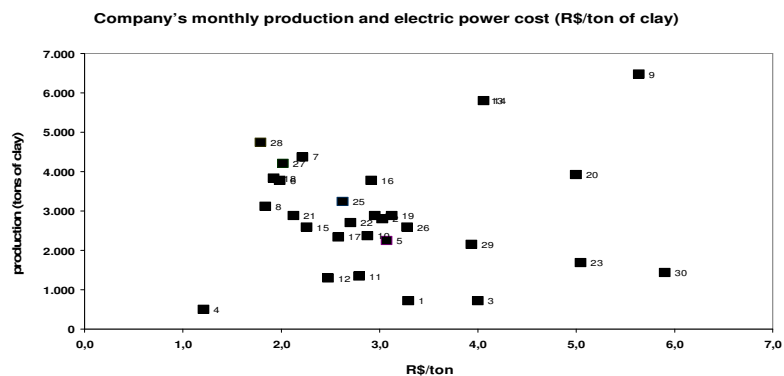


Figura 3 Relação entre consumo de eletricidade por tonelada de argila processada e produção mensal de argila

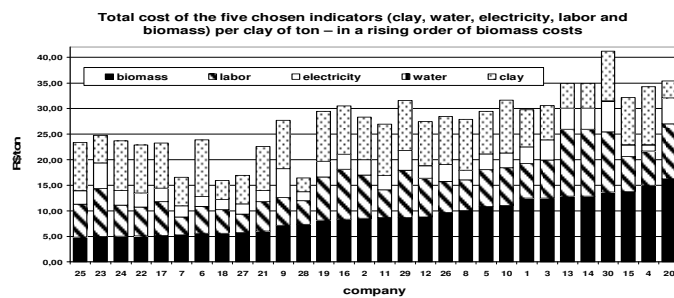


Figura 4 Custo total para os 5 indicadores (argila; mão de obra; eletricidade; biomassa e água)

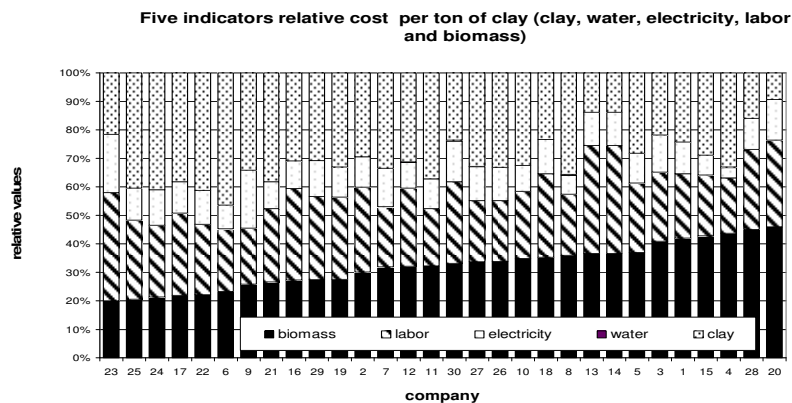


Figura 5 Custos relativos dos principais indicadores selecionados

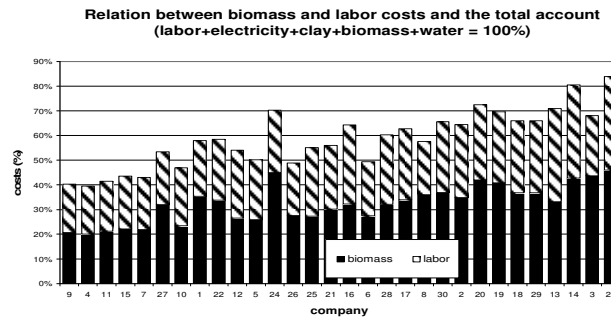


Figura 6 Participação da biomassa e da mão de obra nos custos totais dos cinco indicadores considerados

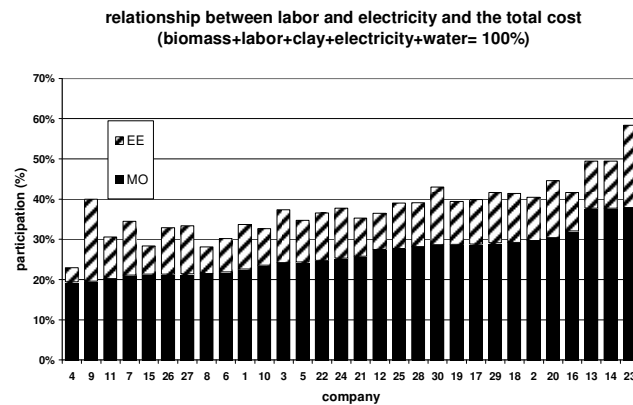


Figura 7 Participação dos custos de mão de obra e de eletricidade em relação aos cinco indicadores adotados em ordem crescente em relação a mão de obra

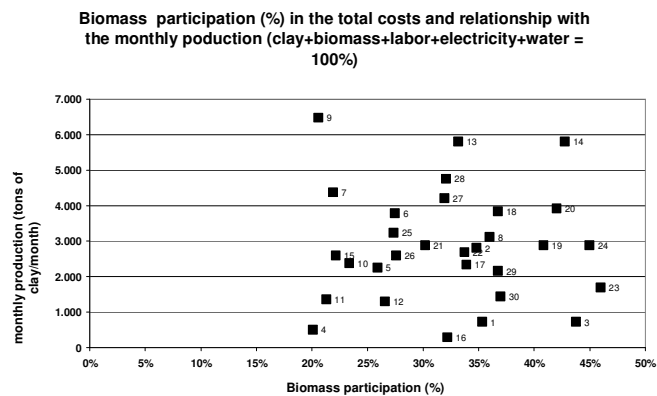


Figura 8 Dispersão mostrando a participação da biomassa no total de custos e sua relação com a produção mensal

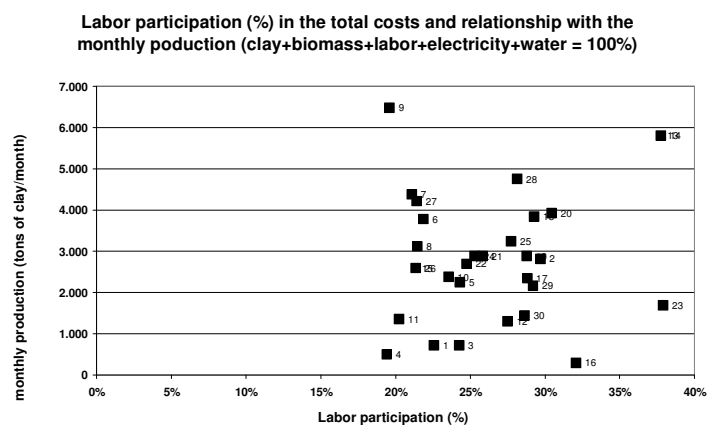


Figura 9 Participação da mão de obra (%) nos custos totais e sua relação com a produção mensal

A maior uniformidade de distribuição dos custos (grupo principal variando de cerca de 7% a 15%) é verificada no indicador eletricidade, devido à menor participação deste indicador na composição global de custos, provavelmente associado com a ação constante de entidades como o SENAI no sentido de racionalização do uso deste energético.

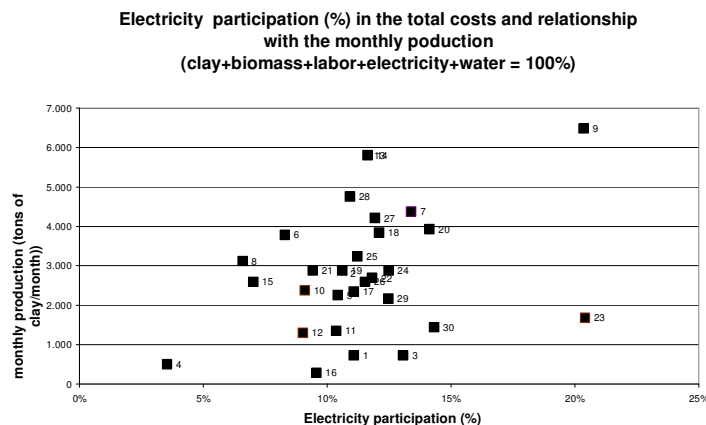


Figura 10 Participação da eletricidade (%) nos custos totais e sua relação com a produção mensal

A grande variabilidade na composição final de custos é observada na biomassa (de 20% a 45%) e está associada à variabilidade de tipos de biomassa, umidade, eficiência de queima e processos envolvidos.

O valor médio de comprometimento da receita com os indicadores selecionados está entre 50% a 60% (figura 11). Algumas empresas conseguem comprometimentos menores (30% a 50%).

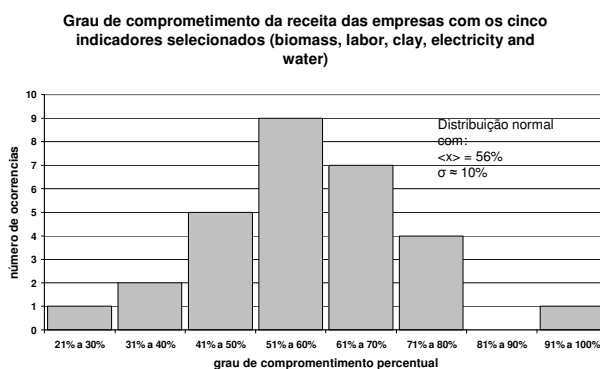


Figura 11 Nível de comprometimento da receita obtida pela venda dos produtos com os cinco indicadores selecionados com o valor médio e desvio padrão, numa aproximação do histograma para uma distribuição normal.

Considerando que o histograma seja uma distribuição normal¹ e calculando-se a média e desvio padrão, o resultado obtido com o desvio padrão mostra que aproximadamente 20 empresas estão dentro dos 68% esperados ($\pm\sigma$). Pode-se dizer que o comprometimento das receitas deste grupo situa-se entre 46% e 66%, além de um grupo de muito baixo comprometimento (de 21% a 46%) e outro grupo com alto comprometimento e sérios riscos para a expectativa de vida da empresa. Os problemas identificados neste grupo vão desde baixo valor de venda do produto até uso ineficiente dos recursos naturais.

3.2 - Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE)

Até passado recente, estas empresas utilizavam biomassa de floresta nativa, a chamada “biomassa não renovável”. Atualmente utilizam biomassa renovável, proveniente de corte de pomares, cavaco e serragem oriundos de madeireiras, bagaço de cana (das usinas de açúcar e etanol) e casca de amendoim (da lavoura deste grão). Uma delas negociou no mercado voluntário de carbono (Voluntary Carbon Standard - 2011) um certificado de redução de emissões por substituição da floresta nativa por biomassa renovável, utilizando a metodologia AMS-I.E. (Switch from Non-Renewable Biomass for Thermal Application by the User) (UNFCCC – 2010; UNFCCC - 2011a; UNFCCC -2011b).

¹ A curva de distribuição esperada é uma distribuição deslocada para a direita, mostrando um claro corte nos valores superiores de comprometimento. A curva simétrica mostra que a administração das empresas acontece de forma aleatória.

O cálculo das emissões evitadas por resíduos sólidos oriundas do conjunto de empresas foi realizado a partir da planilha Excel “Ferramenta para estimativa de emissões de GEE por tratamento de resíduos sólidos e efluentes”, desenvolvido pela CETESB (CETESB – 2011a; CETESB – 2011b) juntamente com a Fundação Getúlio Vargas (FGV-2011).

Observa-se duas possibilidades superpostas de potencial redução de emissões de GEE:

- Substituição de biomassa não-renovável por renovável
- Redução de emissões por tratamento de resíduos

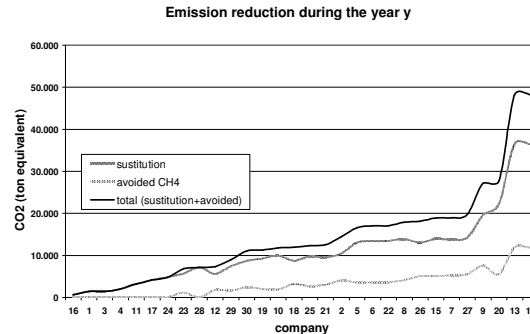


Figura 12 Emissões de GEE evitadas anualmente por substituição de biomassa não renovável por biomassa renovável e por emissão evitada de CH4 nas trinta empresas analisadas

Somando-se todas as 30 empresas, há um potencial de emissões evitadas da ordem de 428.000 toneladas de CO₂eq/ano. Para efeito de comparação, um dos maiores projetos brasileiros, o aterro Bandeirantes (Bandeirantes PDD – 2004) tem estimativa anual de emissão evitada de 1.071.000 toneladas de CO₂eq..

4.0 - DISCUSSÃO

4.1. A questão tecnológica e financeira

O estudo revela a posição em que cada empresa se encontra em relação ao conjunto do Arranjo Produtivo Local (APL) e dá uma visão do estágio de desenvolvimento do grupo. Inovações tecnológicas observadas dentro desta APL acontecem de forma lenta e gradual, pelo método de tentativa e erro. Inovações exitosas se espalham para as outras através do boca-a-boca. Observa-se uma maior eficiência global do sistema produtivo nesta região, com alguns indicadores acima da média nacional²:

- A média mensal de produção de peças de cerâmica vermelha no Brasil é de 447 mil peças/empresa.mês. Nesta região estudada, a média é de 640 mil peças/empresa.mês.
- A produtividade nacional média por trabalhador é de 12,6 mil peças/funcionário.mês. Nesta região estudada, a média é de 32 mil peças/funcionário.mês.
- O consumo específico nacional médio é de 1,6 m³ de lenha por mil peças produzidas. Nesta região, a média é de 1,33 m³ de biomassa por mil peças produzidas.
- Com a produção média de 640 mil peças mês e consumo de 1,33 m³ de biomassa por mil peças produzidas, o consumo mensal médio de uma empresa é de 850 m³ de biomassa/empresa.mês.

Para atender as 30 empresas estudadas com uma floresta plantada dedicada exclusivamente para este fim (produtividade de 400 m³/hectare.ano, ou 156 t/hectare.ano e ciclo de corte de 5 anos) (Schwob et al.2009), seria necessário a operação de uma fazenda energética de 7,5 km².

Os dados mostram ausência de lógica no uso dos energéticos e de mão-de-obra pelo grupo (relação média de custos de biomassa para processar uma tonelada de argila é aproximadamente 3,5 vezes o custo de energia elétrica), inclusive quando relacionados com a produção mensal das empresas e ausência de programas de padronização de peças produzidas. Relações como a dependência direta entre produtividade e produção não são observados aqui, indicando um despreparo do setor e de ausência de políticas públicas de orientação no sentido de melhoria de suas práticas.

A ausência de fiscalização governamental na qualidade da energia elétrica relatada pelos empresários pode ser uma das principais causas do superdimensionamento dos motores elétricos das empresas, com o consequente comprometimento dos indicadores de consumo elétrico observados.

A adoção da tarifa convencional de energia elétrica por algumas empresas sugere problemas na adoção de políticas específicas para o setor, principalmente em um país com pico de demanda causada por chuveiro elétrico para banho.

Um estudo sistemático acerca dos potenciais de aumento de eficiência de queima de biomassa granulada associado ao desenvolvimento de projetos de fazendas energéticas sustentáveis para atendimento das necessidades do setor cerâmico pode trazer todo o setor para mais próximo do conceito de sustentabilidade da

² Apesar da não padronização de peças ser um fenômeno de todo o país, foi necessária a transformação de dados de massa de cerâmica processada (toneladas/mês) para número de peças produzidas (milhares de peças/mês) e biomassa de “tonelada” para “m³” para comparação com outros autores.

cadeia produtiva e redução de emissões de gases de efeito estufa. Podem contribuir também para maior uniformização tanto do aspecto financeiro (padrões de receitas e despesas mais próximas entre si) quanto do tecnológico (reduzindo as disparidades técnicas observadas), o desenvolvimento de ferramentas como as de linha de financiamento de bens de capital por parte do BNDES, incentivos à compra de equipamentos de maior eficiência energética, redução de impostos para empresas mais eficientes,, maiores incentivos para P&D, como sugerido por Geller et al. (Geller -2004)

Com a ajuda de organismos de apoio à implementação de melhorias técnicas, como o SENAI, observa-se uma tendência de adequação da produção local às normas brasileiras de padronização e qualidade de produto, com diversas empresas da região atendendo as demandas da Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo (CDHU). Pode-se reduzir os custos de produção e os impactos ambientais da atividade com adição de cargas – como chamote (Vieira - 2009), resíduos da indústria de aço (Vieira - 2007) e resíduos da produção de papel (Pinheiro - 2008) .

Como a resistência da cerâmica em função da temperatura de queima varia de acordo com a composição da argila (Roveri - 2007; Vieira - 2003) deve-se observar também a necessidade de estudos sistemáticos a respeito de cada “blend” de argilas (muitas vezes composta por argilas provenientes de diferentes lavras) a fim de se obter os parâmetros adequados para maior resistência do produto final.

4.2 Etiquetagem Energética

Conforme Thiruchelvan et al. (Thiruchelvan - 2003) e Geller et al. (Geller - 2006), a etiquetagem energética especifica o consumo de energia para os consumidores. Normas similares poderiam ser especificadas para a tecnologia industrial e de processo.

Como observado ao longo dos gráficos apresentados, os custos de biomassa têm atingido níveis que já comprometem o desempenho das empresas (bem maiores que os custos de eletricidade), obrigando o setor a rever suas estratégias de uso e de eficiência de energéticos.

Há também o risco implícito na redução do consumo de energia elétrica das empresas se desvinculado de um planejamento integrado entre custos relativos de energéticos versus perspectivas de modernização e aprimoramento do processo produtivo. Em certos casos, justificam uma participação maior da componente energia elétrica embarcada no produto, como aumento da automação; aumento da produção e produtividade global e redução de custos globais. Empresas com políticas mais agressivas de produtividade, produção, redução de custos e melhorias na qualidade dos produtos tem maior potencial de sobrevivência e de ampliação de atividades. As empresas com menor produtividade e menor volume de produção estão no sentido contrário de seu desenvolvimento, diminuindo sua capacidade de investimento, aumentando a depreciação de maquinário e provocando sério comprometimento de sua sobrevivência.

4.3 Emissões de GEE e Emissões evitadas de GEE

O grupo de 30 empresas somadas tem um potencial de emissões de GEE evitados da ordem de 40% do calculado para o aterro Bandeirantes. Como a região estudada concentra cerca de 100 micro e pequenas empresas do setor cerâmico e supondo que, na média, têm o mesmo tamanho, temos um potencial estimado de emissões evitadas da ordem de 1.700.000 toneladas de CO₂eq/ano.

5.0 - CONCLUSÃO

A análise do conjunto de empresas de um mesmo setor produtivo dentro de uma APL mostrou-se bastante útil para avaliar a “qualidade” do uso de recursos humanos e recursos naturais de cada empresa e do próprio grupo estudado.

Há muito que melhorar na qualidade do produto final, no quadro financeiro (intensidade do capital, produtividade do capital, produtividade do trabalho), no impacto ambiental (fontes de recursos naturais; eficiência no uso do solo; grau de reabilitação - Bovea – 2007), além do desenvolvimento de planos de acompanhamento de longo prazo. A biomassa sozinha representa, em média, 35% dos custos totais dos indicadores levantados. Somados com trabalho, este valor sobe para 60%. Com a mudança de tecnologia de queima de biomassa, em uma das empresas estudadas verificou-se uma redução em massa da ordem de 2,2 vezes. Estas análises indicam caminhos a serem trilhados para uma indústria cerâmica ambientalmente correta:

- a) Criação de regramento sobre eficiência, padronização, emissões/impactos ambientais no uso da argila e biomassa.
- b) Desenvolvimento de projetos de performance e viabilização da participação das ESCO's neste processo.
- c) Criação de programas de desenvolvimento contínuo e de mecanismos de aferição e controle

6.0 - BIBLIOGRAFIA

Agrafiotis -2001 Agrafiotis C. and Tsoutsos T. “Energy Saving Technology in the European Ceramic Sector: A Systematic Review” Applied Thermal Engineering 21 (2001) 1231-1249

Bandeirantes PDD – 2004 “Clean development mechanism Project design document form (cdm-pdd) Version 02” consultado em 07/2011

<http://cdm.unfccc.int/filestorage/X/A/N/XAN0MNU4069Z0740KTNZUA3UG2WUOF/Bandeirantes%20PDD%20version%20B.pdf?t=RjJ8MTMxMTAzMjA2Ny44OQ==|33cYragvIhVXbrDDdU0i6-io0jE=> ;

Bovea – 2007 Bovea, M.D.; Saura, U.; Ferrero, J.L.; Giner, J. “Crade-to-Gate Study of Red Clay for use in the Ceramic Industry” J LCA 12 (6) (2007) 439-447

CETESB – 2011a Companhia de Saneamento Básico de São Paulo, inventário GEE <http://www.cetesb.sp.gov.br/mudancas-climaticas/inventario-gee-sp/Métodos%20de%20Inventário%20/52-2006> consultado em 07/2011

CETESB – 2011b “Guia de 2006 Para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa” <http://www.cetesb.sp.gov.br/mudancas-climaticas/inventario-gee-sp/Métodos%20de%20Inventário%20/52-2006> volume 5 - waste, consultado em 07/2011

FGV – 2011 Fundação Getúlio Vargas “Ferramenta para a Estimativa de Emissões de GEE por Tratamento de Resíduos Sólidos e Efluentes”, <http://www.GEEprotocolbrasil.com.br/index.php?r=site/CapaSecao&id=1>, consultado em 07/2011

Geller -2004 Geller, H.; Schaeffer, R.; Szklo, A.; Tolmasquim, M. “Policies for advancing energy efficiency and renewable energy use in Brazil” Energy Policy 32 (2004) 1437-1450

Geller -2006 Geller, H.; Harrington, P.; Rosenfeld, A.H.; Tanishima, S.; Unander, F. “Policies for increasing energy efficiency: Thirty years of experience in OECD countries” Energy Policy 34 (2006) 556-573

Phylipsen - 1997 Phylipsen, G.J.M.; Blok, K.; Worrel, E. “International comparisons of energy efficiency - Methodologies for the manufacturing industry” Energy Policy 25 (7-9) (1997) 715-725

Pinheiro et al – 2008 Pinheiro, R.M.; Vieira, C.M.F.; Rodriguez, R.S.; Monteiro, S.N. “Reciclagem de resíduo proveniente da produção de papel em cerâmica vermelha” Revista Matéria 13(1) (2008) 220-227 (Brazil)

Roveri et al. -2007 Roveri, C.D.; Zanardo, A.; Moreno, M.M.T. “Variação de cor e de propriedades cerâmicas com o aumento da temperatura de queima de uma argila proveniente da formação Corumbataí, região de Piracicaba, SP” Cerâmica 53 (2007) 436-441 (Brazil)

Schwob et al.-2009 Schwob, M.R.V.; Henriques Jr. M.; Szklo, A. “Technical Potencial for developing natural gas use in Brazilian red ceramic industry” Applied Energy 86 (2009) 1524-1531

Subrahmanya - 2006 Subrahmanya, M.H.B. “Energy intensity and economic performance in small scale bricks and foundry cluster in India: does energy intensity matter?” Energy Policy 34 (2006) 489-497

Thiruchelvam et al – 2003 Thiruchelvam, M.; Kumar, S.; Visvanathan, C. “Policy options to promote energy efficient and environmentally sound technologies in small – and medium – scale industries” Energy Policy 31 (2003) 977-987

UNFCCC – 2010 “CDM Methodology Booklet “

http://cdm.unfccc.int/methodologies/documentation/meth_booklet.pdf#AMS-I.E, consultado em 07/2011

UNFCCC – 2011a “Switch from Non-Renewable Biomass for Thermal Applications by the User” Methodology

<http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/I1DGDUD1D5J0KMLSZFWMD3W9Z47OZZ>, consultado em 07-2011

UNFCCC.-2011b “Indicative simplified baseline and monitoring methodologies

for selected small-scale CDM project activity categories, Version 4”

http://cdm.unfccc.int/filestorage/M/I/6/MI6Z47XJAVRTKN3BWSQ1Y8FD2E9ULG/EB60_repan20_%20AMS-I.E_ver04.pdf?t=dzh8MTMxMTAzMTMyMy42NA==IjYi446eL62t- Ijnn07A0qr3Ss= consultado em 07/2011

Vieira et al.-2003 Vieira, C.M.F.; Monteiro, S.N. “Influência da temperatura de queima na microestrutura de argilas de Campos dos Goytacazes-RJ” Cerâmica 49 (2003) 6-10 (Brazil)

Vieira et al – 2007 Vieira, C.M.F.; Intorne, S.C.; Vernilli Jr., F.; Monteiro, S.N. “Cerâmica vermelha incorporada co lama fina de aciaria” Revista Matéria 12(2) (2007) 269-275 (Brazil)

Vieira et al – 2009 Vieira, C.M.F.; Teixeira, S.S.; Monteiro, S.N. “Efeito da temperatura de queima nas propriedades e microestrutura da cerâmica vermelha contendo chamote” Cerâmica 55 (2009) 332-336

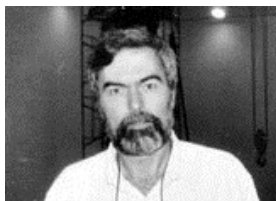
Voluntary Carbon Standard - 2011 – site oficial do VCS em <http://www.v-c-s.org/> consultado em 07/2011



Marcio M. Vilela Pós-Doutor em Energia (Eficiência Energética, conservação de Energia e Gestão de Recursos Naturais) pelo Instituto de Eletrotécnica e Energia-USP (2011). Doutor em Energia pelo Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia (PIPGE-USP) (2004). Mestre em Física Nuclear Experimental pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo (1987).



José A.B. Grimoni mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1988); doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1994) e livre docente em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (2006) . Foi diretor do Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP de 2007 a 2011. É coordenador do curso de graduação em engenharia elétrica - ênfase em energia e automação elétricas da Epusp desde 2012



Geraldo F. Burani mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo(1978) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo(1985). Atualmente é Professor Doutor da Universidade de São Paulo e Supervisor do serviço técnico de desempenho do Instituto de Eletrotécnica e Energia -USP