

## PROPOSITURA DE UM INDICADOR À GESTÃO ENERGÉTICA EM CENTROS URBANOS

*Aldecy Almeida Santos\**

*Weliton Ttatom Pereira da Silva\*\**

*Carlo Ralph de Musis\*\*\**

*Laerte Pinhedo\*\*\*\**

*Ana Rubia de Carvalho Bonilha Silva\*\*\*\*\**

*Alexandra Natalina de Oliveira Silvino\*\*\*\*\**

### RESUMO

*O presente trabalho propõe o consumo per capita de energia elétrica como um indicador à gestão energética e o correlaciona com variáveis climáticas e socioeconômicas no município de Cuiabá. Neste contexto o objetivo do trabalho foi à propositura de um indicador a gestão energética, e um estudo de seus fatores intervenientes, produzindo subsídios à gestão energética. Os resultados indicaram o*

- \* Instituição: Instituto de Ciências Exatas e da Terra/Universidade Federal de Mato Grosso; Cargo: Pesquisador; Endereço: Rua: Itatiaia nº.230 Bairro: Planalto – CEP: 78058-799, Cuiabá-MT, Brasil; E-mail: aldecyalmeida@ufmt.br; Formação acadêmica: Engenheiro Sanitarista, Mestre em Física e Meio Ambiente.
- \*\* Instituição: Faculdade de Engenharia Florestal/Universidade Federal de Mato Grosso; Cargo: Pesquisador; Endereço: Av. Fernando Corrêa da Costa, s/n. – CEP: 78000-000, Cuiabá-MT, Brasil; E-mail: ttatom@universiabrasil.net; Formação acadêmica: Engenheiro Sanitarista, Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais
- \*\*\* Instituição: Universidade de Cuiabá; Cargo: Coordenador de pesquisa; Endereço: Av. Beira Rio, 3100 – CEP: 78015-480, Cuiabá-MT, Brasil; E-mail: carlo@unic.br; Formação acadêmica: Graduação em Engenharia Civil, Mestrado em Agricultura Tropical, Doutorado em Educação
- \*\*\*\* Instituição: Faculdade de Arquitetura Engenharia e Tecnologia / Universidade Federal de Mato Grosso; Cargo: Prof. Dr; Endereço: Av. Fernando Corrêa da Costa, s/n. – CEP: 7806-900, Cuiabá-MT, Brasil; E-mail: laertep@ufmt.br; Formação acadêmica: Engenheiro Eletricista, Doutor em Ciências e Engenharia de Materiais
- \*\*\*\*\* Instituição: Instituto de Ciências Exatas e da Terra/Universidade Federal de Mato Grosso; Cargo: Pesquisador; Endereço: Av. Fernando Corrêa da Costa, s/n. – CEP: 7806-900, Cuiabá-MT, Brasil; E-mail: arbonilha@yahoo.com.br; Formação acadêmica: Engenheira Sanitarista e aluna especial do Programa de Mestrado em Recursos Hídricos.
- \*\*\*\*\* Instituição: Programa de Pós-graduação em Física Ambiental/Universidade Federal de Mato Grosso; Cargo: Endereço: Av. Fernando Corrêa da Costa, s/n. – CEP: 78000-000, Cuiabá-MT, Brasil; E-mail: lekaesa@gmail.com Formação acadêmica: Engenheira Sanitarista e Mestranda em Física e Meio Ambiente.

*nível sócio econômico da população como fator de maior interveniência no consumo de energia, sendo as variáveis climáticas pouco intervenientes. Além da existência de um abismo entre a classe rica (classe alta) e a classe pobre (classe baixa). Essa ferramenta pode auxiliar a formação de políticas públicas que visem à regulação do consumo energético de modo a alcançar eficiência no consumo dos recursos naturais.*

### **PALAVRAS-CHAVE**

*Gerenciamento energético; consumo per capita; correlação;*

### **ABSTRACT**

*The present work considers the per capita consumption of electric energy as a pointer of the energy management and it correlates it with climatic and socio-economic variable in the city of Cuiabá. In this context the objective of bringing the work was an indicator of energy management, and a study of its factors involved in providing subsidies for energy management. The results had indicated as factor of bigger intervention the level economic partner of the population, being little intervention the climatic variable. Beyond the existence of an abyss between the rich class (high class) and the poor class (low class). This tool can help the formation of public policies aimed at regulating the energy consumption in order to achieve efficiency in the consumption of natural resources.*

### **KEYWORDS**

*Energy management; per capita consumption; correlation;*

## **Introdução**

O suprimento de energia elétrica, ao longo dos anos, tem se tornado fator indispensável ao bem-estar social e ao crescimento econômico do Brasil. Apesar disso, ainda é muito deficitário em várias regiões, seja pela baixa densidade populacional seja pela precariedade ao atendimento. O ápice ocor-

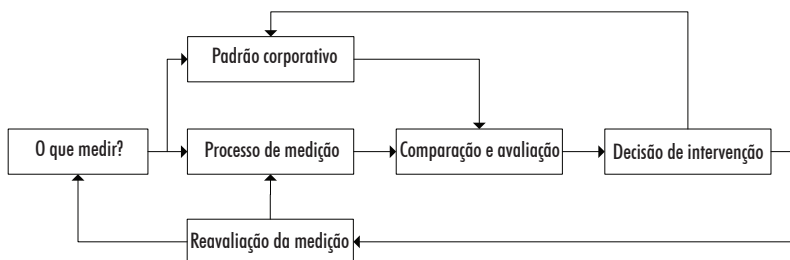
reu em 1984, com investimentos em energia representando 24% do total, sendo que, nos últimos anos, os investimentos em energia voltaram a representar 8% dos investimentos totais, MME (1997).

A construção de novos parques geradores traz consigo enormes impactos sócioambientais. No caso de usinas termoeletricas ou nucleares os possíveis danos ambientais e os riscos oriundos do convívio com a comunidade local tendem a ser ainda mais agravantes. As recentes crises no setor de energia elétrica originaram blecautes nas regiões sul e sudeste e a falta de recursos para investimento no setor são fatores predominantes na atual problemática do setor energético do país. Com o objetivo de promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica o governo federal criou em 1985, o Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica – PROCEL, que desde então tem implementado medidas de conservação. Mesmo com essas medidas, ultimamente o regime de consumo nacional de energia elétrica tem atingido um patamar elevado. Tal fato põe em teste todo o sistema, já que a menor falha tende a provocar grandes colapsos.

A grande extensão do território mato-grossense, 906.807 Km<sup>2</sup>, a baixa densidade demográfica, 2,8 hab./Km<sup>2</sup>, conforme IBGE (2000), e os altos níveis de consumo, evidenciam dificuldades na gestão energética do Estado, sendo um grande desafio à administração pública. Gerenciar é uma atividade analítica e criativa voltada à formulação de princípios, diretrizes e normas cujo objetivo é o controle e uso sustentável de recursos, daí a importância do desenvolvimento de indicadores simples e fidedignos à avaliação da eficiência. A base de sustentação de um sistema de decisão é a informação, que deve ser bem preparada e difundida. Um sistema de informação construído por excelentes indicadores certamente contribuem para um gerenciamento eficaz, conforme Fernandes (2004). Nesse contexto, o trabalho tece por objetivo a proposição de um indicador à gestão energética, e um estudo de seus fatores intervenientes, produzindo subsídios à gestão energética.

## Metodologia

A propositura de um indicador de gestão energética deu-se a partir da comparação com os atuais indicadores existentes à gestão de recursos naturais em centros urbanos. Também, levou-se em consideração a capacidade de expressão da realidade, simplicidade de entendimento, abrangência, rastreabilidade, comparabilidade, estabilidade, rapidez de disponibilidade, potencialidade de resposta e baixo custo de obtenção, retrata Fernandes (2004). A Figura 1 ilustra uma forma simples para a construção de um indicador, partindo-se da premissa da determinação do que se pretende ou se deseja medir para, então, estabelecer o padrão e todo o processo de medição.



Fonte: Fernandes (2004)

**Figura 1** – Diagrama para construção de indicador.

Quanto ao estudo dos fatores intervenientes confeccionou-se um banco de dados, edificado de observações socioeconômicas e climáticas, e procederam-se análises estatísticas. A amostragem foi fundamentada na estratificação da população por bairros com classe socioeconômica alta, médio-alta, média, médio-baixa e baixa, IPDU (2004). A renda média aritmética das classes é apresentada na Tabela 1. Os números de unidades amostrais de estudo (n) foram definidos em 10% do total de bairros existentes em cada classe socioeconômica. Na Figura 2 é apresentado um mapa de Cuiabá, selecionando 10% de cada bairro por classe socioeconômica. Os dados foram obtidos junto a três fontes prin-

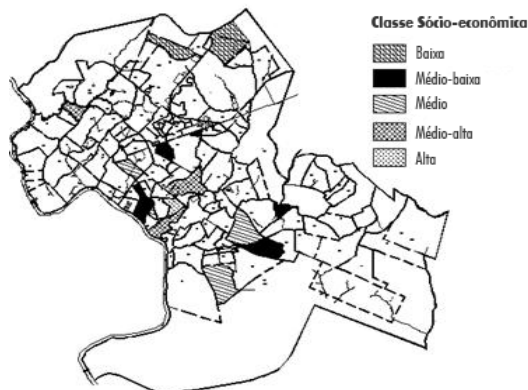
cipais: empresa gestora de energia (Grupo Rede – Cemat); Instituto Nacional de Meteorologia (INMET); e Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Urbano – Cuiabá (IPDU).

**Tabela 1** – Renda média aritmética por classe econômica.

CLASSE	LIMITES
Renda média de Cuiabá	7,49 S.M
Renda Baixa	Abaixo de 2,91 S.M
Renda Médio-Baixa	De 2,91 a 5,65 S.M
Renda Média	De 5,66 a 11,65 S.M
Renda Médio-Alta	De 11,66 a 21,94 S.M
Renda Alta	Acima de 21,94 S.M

Fonte: IPDU (2004)

As variáveis intervenientes utilizadas no trabalho foram a temperatura média mensal, o índice pluviométrico, a umidade relativa do ar e a tarifa de cobrança de energia elétrica. Os dados foram coletados considerando uma série histórica de 6 anos, cujo período abrange desde 2001 a 2006.



**Figura 2** – Mapa de Cuiabá e bairros inseridos no universo amostral.

O delineamento experimental firmou-se na análise estatística descritiva, elaboração de gráficos de dispersão e análise de correlação simples, para tal utilizou-se o software SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*). Este permitiu inferir algumas observações referentes variância dos dados, associação e interveniência.

## **Resultados e discussões**

Os principais indicadores utilizados nos recursos naturais baseiam-se no entendimento comum de seus pressupostos, servindo como referência o sistema Pressão-Estado-Resposta sendo o mais adotado atualmente no mundo, Rosseto et al. (2004). Este sistema aglutina aspectos importantes como a perspectiva social, ambiental, físico-espacial e econômica. A perspectiva social aborda os indicadores moradia e saneamento básico; a ambiental aborda a qualidade dos mananciais, a qualidade do ar e a qualidade do solo; físico-espacial, a distribuição espacial da população e a organização dos usos; e a econômica, o nível de emprego, o desenvolvimento setorial e a distribuição de renda.

A OECD (1993), citado por Rosseto et al. (2004, p. 6), apresenta quatro categorias principais à utilização dos indicadores ambientais: o desempenho ambiental; a integração das preocupações ambientais nas políticas setoriais; a integração nas tomadas de decisões e o estado do meio ambiente. Segundo Butzke (1999), para verificar se as ações educativas estão atingindo seus objetivos torna-se necessário avaliar as mudanças de opiniões que podem ser medidas em termos de resultados quantitativos, por exemplo, no consumo de energia e água, na redução de rejeitos gerados, no aumento dos resíduos recicláveis e no aumento da reutilização de materiais. No que tange à determinação da vazão demandada de água, esta requer a avaliação de diversos parâmetros, dentre os quais o consumo *per capita*. Consumo esse que traduz o volume diário requerido por indivíduo, valor que permite a projeção do consumo doméstico, comercial, industrial, público e também perdas. (FERNANDES

NETO, 2004). Daí, a propositura do consumo *per capita* de energia elétrica que também permitirá, após validação e robustez, as projeções do consumo residencial, além do desenvolvimento de instrumentos ao incremento ou redução do consumo energético, indicador dado pela equação 1.

No que diz respeito ao retratado por Fernandes (2004), constata-se, de modo geral, o satisfatório atendimento. Uma vez que se trata de informações disponíveis na própria instituição gestora, trata-se de um indicador de simples entendimento, além do poder de projeção da demanda energética de uma dada população, estimativas de desperdícios, entre outros.

$$C_{pcE} = \frac{CE}{hab} \quad (1)$$

Onde:

$C_{pcE}$  = consumo per capita de energia (KWh/hab.dia);

CE = consumo de energia por unidade consumidora (KWh/dia);

hab = número de habitantes da unidade consumidora.

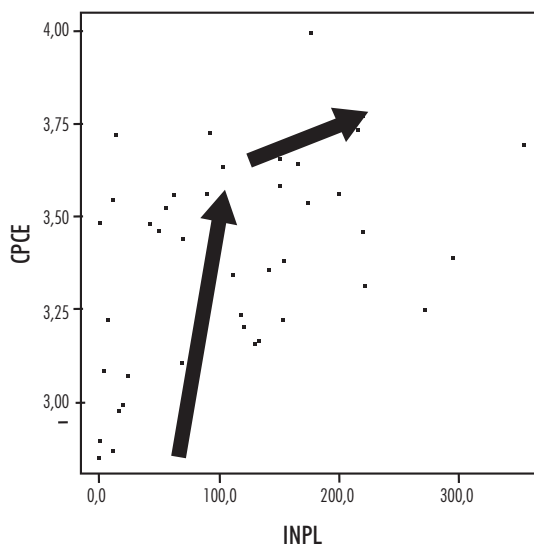
Os resultados provenientes da avaliação estatísticas dos dados são apresentados a seguir, juntamente com as discussões pertinentes. Na Tabela 2, apresentaram 720 observações para IPDU, índice pluviométrico, temperatura, umidade relativa, consumo per capita de e tarifa de cobrança. O índice pluviométrico apresentou um valor elevado de desvio padrão e de variância. A umidade relativa do ar média foi de 72,82%.

**Tabela 2** – Análise estatística descritiva.

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Feviation	Variance
IPDU	720	1	5	2,63	1.112	1.236
INPL	720	,0	355,5	105,742	89,8549	8073,896
TEMP	720	18,1	28,3	25,758	2,2213	4,934
UMRE	720	52	96	72,82	10,083	101,665
CPCE	720	,273	18,418	3,355	3,296	10,863
TARI	720	,18230	,30500	,2975213	,02906833	,001
Valid N (listwise)	720					

O menor e o maior consumo *CpcE* de energia elétrica foram de 0,237 e 18,418 Kwh/dia. Fato que demonstra a existência de um abismo entre a classe rica (classe alta) e a classe pobre (classe baixa).

No gráfico de dispersão entre o *CpcE* e o índice pluviométrico, esta apresentou-se pouco compacta não agrupando-se em uma *linha reta* imaginária. Na Figura 2, observou-se que o consumo de energia está pouco relacionada com o índice pluviométrico, uma vez que quanto maior o índice pluviométrico, maior o *CpcE*, porém a nuvem de pontos apresenta-se bastante dispersa. Neste gráfico é visível a tendência a um exponencial crescente, à medida que o índice pluviométrico aumenta, simultaneamente ocorre o aumento do consumo de energia. De acordo com Silvino (2008), nos meses com menor índice pluviométrico na cidade de Cuiabá observaram-se temperaturas mais amenas.

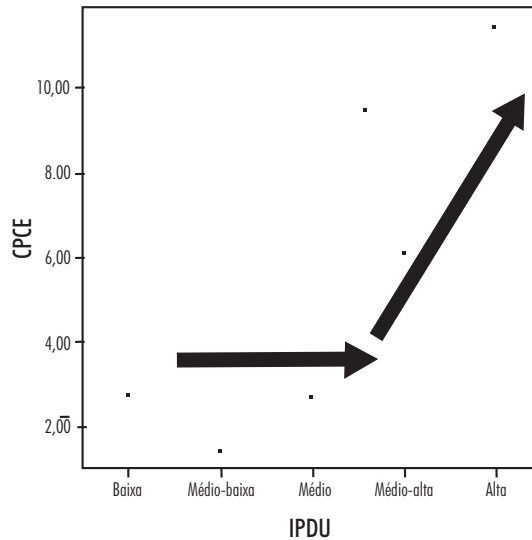


**Figura 2** – Gráfico de dispersão *CpcE* e índice pluviométrico.

Em relação ao consumo *CpcE* versus IPDU, a classe baixa apresentou valores superiores à classe médio-baixo, segundo Figura 3, apresentou uma tendência de exponencial crescente.

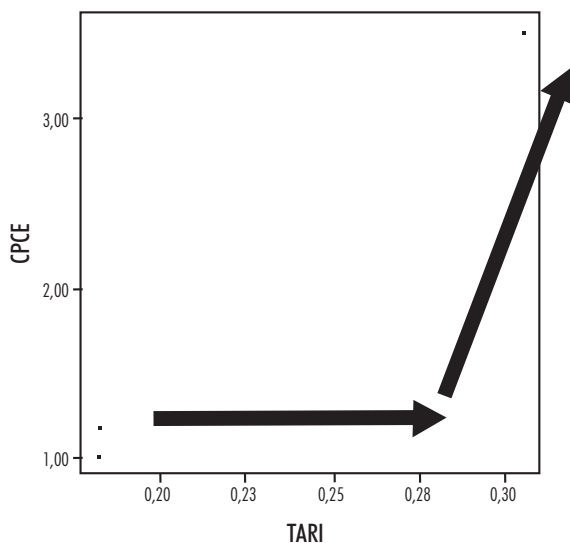


Quanto à possível associação entre os dados de *CpcE* e IPDU verificou-se, também a partir da Figura 3, uma possível correlação imperfeita positiva, conforme Martins (2004), além verificação de que a classe alta apresentou-se no ponto mais alto da pilha, conforme Bussab e Morettin (2006).



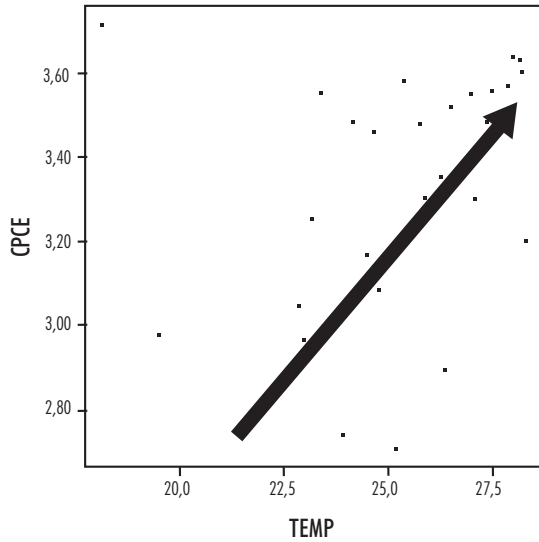
**Figura 3** – Gráfico de dispersão *CpcE* e IPDU.

No que diz respeito ao gráfico de dispersão entre *CpcE* e a tarifa de energia, constatou-se ausência de correlação, com tendência a um exponencial crescente, sendo que não há associação linear, conforme Figura 4. Observou-se uma constante até 0,28.



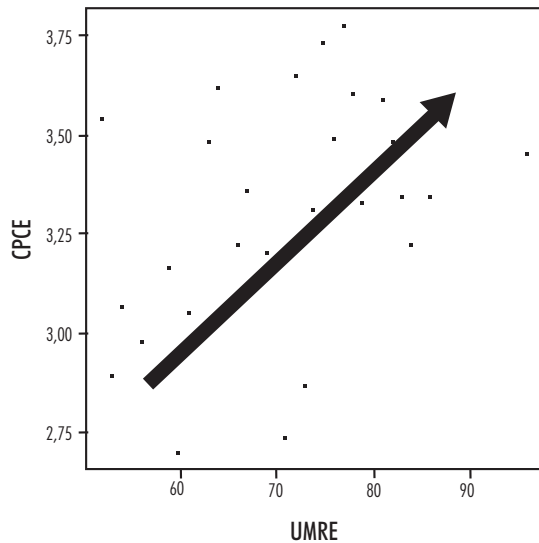
**Figura 4** – Gráfico de dispersão  $CpcE$  e tarifa de cobrança.

Há associação entre as variáveis de  $CpcE$  e temperatura, com tendência a um exponencial crescente apresentada na Figura 5. A temperatura está relacionada ao consumo *per capita* de energia, visto que, no gráfico quanto maior a temperatura maior o consumo de energia elétrica. Também, como na análise do índice pluviométrico, verificou-se nuvem de pontos bastante dispersa.



**Figura 5** – Gráfico de dispersão  $C_{pcE}$  e temperatura.

Os dados de umidade relativa do ar apresentado na Figura 6, estão dispersos, observando uma linha ascendente, muito dispersa.



**Figura 6** – Gráfico de dispersão  $C_{pcE}$  e umidade

Na Tabela 3 está apresentada a matriz correlação entre todas as variáveis do estudo. O coeficiente de correlação entre as variáveis classe socioeconômica e *CpcE* apresentaram valor considerado satisfatório de acordo com Martins (2002). Daí pode-se inferir que há uma relação imperfeita e positiva entre o *CpcE* e a classe socioeconômica.

**Tabela 3** – Matriz de Correlação entre *CpcE* e possíveis variáveis correlacionadas.

		IPDU	INPL	TEMP	UMRE	CPCE	TARI
IPDU	Pearson Correlation	1	,000	,000	,000	,687**	,145**
	Sig. (2-tailed)		1,000	1,000	1,000	,000	,000
INPL	Pearson Correlation	,000	1	,543**	,617**	,046	,000
	Sig. (2-tailed)	1,000		,000	,000	,221	,993
TEMP	Pearson Correlation	,000	,543**	1	,308**	,028	,009
	Sig. (2-tailed)	1,000	,000		,000	,448	,804
UMRE	Pearson Correlation	,000	,617**	,308**	1	,028	-,007
	Sig. (2-tailed)	1,000	,000	,000		,448	,853
CPCE	Pearson Correlation	,687**	,046	,028	,028	1	,177**
	Sig. (2-tailed)	,000	,221	,448	,448		,000
TARI	Pearson Correlation	,145**	,000	,009	-,007	,177**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,993	,804	,853	,000	

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).  
a Listwise N=720

O *CpcE* está pouco relacionada com a tarifa de cobrança, fato possivelmente justificado pela pequena diferença entre os valores das tarifas (maior diferença tarifária 0,1227 R\$/Kwh).

Em relação ao índice pluviométrico, umidade relativa do ar e temperatura, esses apresentaram coeficientes de correlação inferior ao retratado por Martins (2002), então se infere que existe correlação entre o *CpcE* e as variáveis climáticas observadas no estudo.

## Conclusão

O propositura do *CpcE* como um indicador à gestão energética traz consigo uma ferramenta voltada à excelência administrativa, uma vez que apresenta como resposta o consumo de energia para dimensionamento para cálculo de consumo de energia baseado no perfil econômico, a partir de dados de fácil obtenção.

O estudo dos fatores intervenientes indicaram que o *CpcE* está relacionado fortemente com a classe socioeconômica de Cuiabá.

As variáveis climáticas foram poucos intervenientes no *CpcE*, conforme observado no estudo Martins (2000), fato possivelmente justificado pela alta temperatura com pequena variância durante os anos. Segundo Signor (1999), existe uma relação de consumo de energia e conforto térmico, quanto mais elevada a temperatura da cidade, maior o consumo de energia, pouco observado em Cuiabá.

A dispersão dos dados ocorre devido a amostragem ser *per capita*, na qual os consumidores apresentam consumos diferentes, na mesma área de estudo.

## Referências bibliográficas

BUSSAB, W.O.; MORETTIN, P.A. **Estatística básica**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

BUTZKE, I.C.; PEREIRA, G.R.; NOEBAUER, D. Sugestão de indicadores para avaliação do desempenho das atividades educativas do sistema de gestão ambiental – SGA da Universidade Regional de Blumenau. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, Porto Alegre, p. 144-157. Disponível em: <[www.fisica.furg.br/mea/remea/congress/artigos/comunicacao13](http://www.fisica.furg.br/mea/remea/congress/artigos/comunicacao13)>. Acesso: 20 fev. 2007.

CUIABÁ. PREFEITURA MUNICIPAL. INSTITUTO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO URBANO – IPDU. **Perfil Socioeconômico de Cuiabá** – Vol. II – Cuiabá: IPDU/AS&M/Central de Texto, 2004. 405 p.

ELETOBRAS. **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL**. Disponível em: <<http://www.eletobras.com/ellb/main.asp?ViewID={974CF275-82FE-4483-8551-855F9A98A370}>>. Acesso em: 12 fev. 2007.

FERNANDES NETO, M.L. et al. Avaliação da relevância dos parâmetros intervenientes no consumo per capita de água para os municípios de Minas Gerais. **ABES**, v. 9, n. 2, p. 100-107, 2004.

FERNANDES, D.R. Uma contribuição sobre a construção de indicadores e sua importância para a gestão empresarial. **Revista FAE**, v. 7, n. 1, p. 1-18, 2004.

IBGE. **IBGE Cidades**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em: 20 fev. 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Relatório climatológico**. Várzea Grande: INMET, 2006. 4 p. (Relatório técnico, Rt-2001-2006).

MARTINS, G.A. **Estatística geral e aplicada**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MME – Ministério de Minas e Energia, 1998, **Balanco Energético Nacional 1998** – Ano Base 1997, Brasil.

ROSSETTO, A.M. et al. Proposta de um sistema de indicadores para gestão de cidades ao desenvolvimento sustentável. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 2004. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Comitê Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, 2004. p. 1-14.

SIGNOR, R. Análise de regressão do consumo de energia elétrica frente a variáveis arquitetônicas para edifícios comerciais climatizados. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1999. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Comitê Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 1999.

SILVINO, A. N. O. **Avaliação e modelagem da qualidade da água da bacia do rio Coxipó, no município de Cuiabá - MT**. Cuiabá, 2008. 165 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso.

SOUZA, W.H.S. **Dados da Pesquisa** – relatório REDE. CEMAT. Mensagem recebida por <ttatom@universiabrasil.net> em: 17 de nov. 2006.