



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA – CCT**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA QUÍMICA - UAEQ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA- PPGEQ**

**THOMPSON FERNANDES MARIZ**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DE INSTITUIÇÃO DE  
ENSINO SUPERIOR – MODELO COM INDICADORES**

**CAMPINA GRANDE - PB**  
**2013**

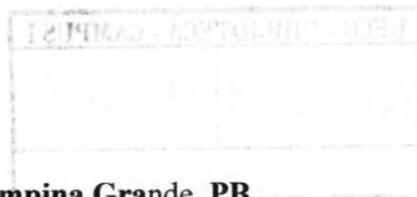
**THOMPSON FERNANDES MARIZ**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DE INSTITUIÇÃO DE  
ENSINO SUPERIOR – MODELO COM INDICADORES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (PPGEQ), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Centro de Ciências e Tecnologia (CCT), Unidade Acadêmica de Engenharia Química (UAEQ).

*Prof. André Luiz Fiquene de Brito, Dr. Orientador (UFCG/CCT/UAEQ/LABGER).*

*Prof. Romildo Pereira Brito, Dr. Orientador (UFCG/CCT/UAEQ/LARCA).*



**Campina Grande, PB**

**2013**

14/06/2013  
5/10/2013  
10/10/2013



M343a Mariz, Thompson Fernandes.  
Avaliação do desempenho ambiental de Instituição de Ensino Superior : modelo com indicadores / Thompson Fernandes Mariz. - Campina Grande, 2013.  
104 f.

Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia.

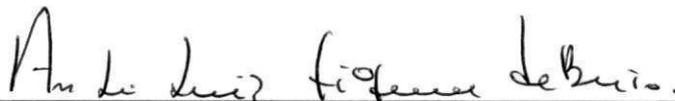
1. Meio Ambiente. 2. Gestão Ambiental. 3. Indicadores Ambientais. 4. Universidade. 5. Tese - Engenharia Química. I. Brito, André Luiz Fiquene de. II. Brito, Romildo Pereira. III. Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande (PB). IV. Título

CDU 504(043)

**THOMPSON FERNANDES MARIZ**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DE INSTITUIÇÃO DE  
ENSINO SUPERIOR – MODELO COM INDICADORES**

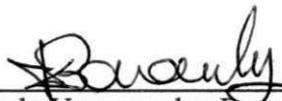
**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. André Luiz Fiquene de Brito  
(Orientador)

  
Prof. Dr. Romildo Pereira Brito  
(Orientador)  
Prof. Dr. José Jailson Nicácio Alves  
Membro Interno (Moderador)

Prof.ª Dr.ª Crislene Rodrigues da Silva Moraes  
Membro Externo



Prof. Dr. José Geraldo de Vasconcelos Baracuhy  
Membro Externo



Prof.ª Dr.ª Veruschka Escarião Dessolis Monteiro  
Membro Externo

**Campina Grande – PB**

**2013**

## AGRADECIMENTOS

É sempre difícil fazer agradecimentos, haja vista o provável esquecimento de alguém importante e, em consequência, a ocorrência de erro, equívoco ou injustiça que podem causar mágoa e tristeza.

Portanto, para não cometer tais equívocos, erros ou injustiças, os agradecimentos aqui serão feitos, nominalmente, apenas aos professores orientadores André Luiz Fiquene de Brito e Romildo Pereira de Brito, seja pela abnegada dedicação, enorme paciência e correções de rumos, seja pela ousadia e coragem ao decidirem orientar a elaboração de um trabalho de Tese de Doutorado num tema atual e da importância e relevância para nossa Instituição. A eles, professores André e Romildo, toda a minha gratidão e amizade, pelo incentivo, força, orientação, correção e inúmeras sugestões para conclusão deste trabalho.

Feito os agradecimentos nominais, passo, de forma genérica, a agradecer a todos que, em audiências, em eventos, ou mesmo em conversa de rua, reservaram um tempinho e tiveram a coragem para me aconselhar a fazer o doutorado, tema que sempre apreende e toca a sensibilidade de quem sabe a exata dimensão do que representa acomodar a curiosidade e a investigação científica a uma infinidade de afazeres de gestão administrativa que requerem, entre outros aspectos, o cumprimento de prazos sempre muito exíguos. Guardo na memória a feição de cada um que assim procedeu e a todos, mais uma vez, dirijo o meu mais sincero agradecimento.

Evidentemente, eu não poderia deixar de registrar a importância de minha família neste contexto tão importante, pois foi em seu esteio que sempre encontrei estímulo e incentivo para a realização de todos os meus objetivos. Não poderia ser diferente, portanto, no momento de dar prosseguimento aos estudos, com vistas à obtenção do título

acadêmico de Doutor: recebi de minha família todo o apoio, neste percurso, fosse para orgulhar a comunidade acadêmica a que pertenço ou para mais dignificar o cargo de reitor que até então ocupava, fossem para aperfeiçoar os meus conhecimentos ou ainda para incentivar irmãos, filhos e sobrinhos a percorrerem o mesmo caminho. À minha família, mais do que um agradecimento, vai o reconhecimento de sua ação de participar em todo este processo.

Finalmente, meus agradecimentos à UFCG, instituição a que dediquei trinta anos de serviços, um terço deles voltados para a sua criação, instalação, expansão e consolidação; aqui representada por muitos que sempre estiveram ao meu lado, registro minha felicidade e minha gratidão pelas oportunidades oferecidas e por tudo quanto consegui ser e fazer.

Ao meu DEUS, por tudo que me propiciou de melhor: família, filhos, amigos e trabalho.

## RESUMO

O tema central desta pesquisa está voltado à gestão ambiental, por meio da proposta de um modelo de desempenho ambiental para avaliar os impactos em Instituições de Ensino Superior (IES). Poucas IES incorporaram soluções baseadas na norma ISO 14.001, que procura identificar os aspectos que impactam o meio ambiente, e muito menos em soluções baseadas na ISO 14.031. No Brasil, não existe pesquisa científica visando à proposição de indicadores para avaliar o desempenho ambiental de uma IES. Este trabalho de pesquisa tem por objetivo propor e validar um modelo de avaliação de desempenho ambiental para Instituições de Ensino Superior, por meio do uso de um conjunto de indicadores. Esta pesquisa teve como campo experimental o campus sede da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e desenvolvida no Laboratório de Gestão Ambiental e Tratamento de Resíduos da Unidade Acadêmica de Engenharia Química na cidade de Campina Grande, no Estado da Paraíba, Brasil. A pesquisa foi dividida em quatro etapas: i) realização de revisão da literatura com destaque aos conceitos da ISO 14.001 e 14.031; ii) formação do painel de especialistas; iii) caracterização e quantificação do campo de estudo e iv) validação do modelo de Avaliação do Desempenho Ambiental. Os resultados mostraram que os Especialistas do Painel tinham formação na área de engenharia civil, química, ambiental. Foram respondidas 10 questionários e os indicadores ambientais que mais impactam são o consumo de água (19,2%), seguido, imediatamente, pelo consumo de energia (17,3%). As respostas dos especialistas indicam que os metais pesados, resíduos sólidos inertes e não inertes (II A e IIB) representam 34,5% dos indicadores imprescindíveis para avaliar o desempenho ambiental de uma IES. Os resultados obtidos para os resíduos sólidos gerados na UFCG revelaram que os mesmos podem ser classificados como não perigosos, do tipo Classe II A. Os teores de nitrogênio amoniacal foram respectivamente 5,32; 2,36; 1,96 e 3,8 mg.L<sup>-1</sup> nas 1ª, 2ª, 3ª e 4ª avaliações e que o esgoto gerado no interior da UFCG pode ser classificado como esgoto fraco em relação a demanda química de oxigênio. Pode-se concluir que o modelo, aqui proposto, e a forma de avaliar uma IES contribuirão para uma sociedade mais justa, mais equilibrada, fortemente comprometida com as gerações futuras e que seja, finalmente, exemplo de uma Universidade Ambientalmente Sustentável. O modelo de Avaliação de Desempenho Ambiental, pelo seu ineditismo, certamente servirá para que as demais IES do Brasil avaliem seus desempenhos e busquem também certificação em conformidade com o modelo e com a ISO 14.001.

**PALAVRAS-CHAVE:** Meio Ambiente. Gestão Ambiental. Indicadores Ambientais. Universidade.

## **ABSTRACT**

This research study focuses on environmental management and puts forward a proposal for a model of environmental performance to assess the impacts that Higher Education Institutions (HEIs) have on the environment. It seems that very few HEIs have incorporated solutions based on ISO 14001, which seeks to identify the aspects that impact the environment, and even fewer have done so by using solutions based on ISO 14.031. In Brazil, there has been no scientific research which has sought to develop indicators to assess the environmental performance of anHEIs. The objective of this research is to develop a model to evaluate the environmental performance of anHEIs by means of using a set of indicators. This research is being conducted in the Laboratory of Environmental Management and Waste Treatment at the Department of Chemical Engineering, Campus de Campina Grande, Paraiba, Brazil. The research was divided into four steps: i) conducting a literature review with emphasis on concepts of ISO 14.001 and 14.031, ii) formation of the expert panel iii) characterization and quantification of the field of study iv) model validation Assessment Environmental Performance. The Expert Panel showed that the most relevant environmental indicators are the water consumption (19.2%), followed by energy consumption (17.3%). The experts' responses indicate that heavy metals, paper and solid waste inert and non-inert (IIA and IIB) represent 34.5% of the essential indicators to assess the environmental performance of an HEIs. The results obtained for the solid waste generated in UFCG revealed that these can be classified as non hazardous, in other words, Class II A. The concentration of ammonia nitrogen were respectively 5.32, 2.36, 1.96 and 3.8 mg l<sup>-1</sup> in the 1 st, 2 nd, 3 rd and 4 th evaluations and that the sewage generated within the UFCG can be classified as sewage weak compared to chemical oxygen demand. From the point of view of production and generation of its effluents, UFCG does not contaminate the environment with heavy metals and, in particular, the collection network where sewage and wastewater is discharged. It can be said, too, that the heavy metal produced as waste in its various research laboratories, and dumped into the sewage system of internal UFCG are not enough to cause damage to the environment, because all contaminants are below recommended by current legislation. The proposed evaluation model, surely, can be applied in HEIs for the purpose of performing environmental management in HEIs therefore beyond its novelty, surely will for the rest of HEIs in Brazil assess their performance and also seek certification in accordance with the model and the ISO 14,001. The evaluation model of the environmental performance of HEIs is a way to evaluate a function of HEIs in consumption of water, electricity, paper, solid waste, contaminants, chemical oxygen demand, ammonia nitrogen and gases.

**KEY-WORDS:** Environmental; Indicators, Environmental Management, University.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Ações Ambientais em IES.....	21
Quadro 2. Evolução das fases, períodos e indicadores.....	24
Quadro 3. Estrutura inicial do Programa Ecoeficiência com Foco no PDCA.....	33
Quadro 4. Categorias de Indicadores- Avaliação do Desempenho Ambiental.....	36
Quadro 5. Indicadores e sub-indicadores.....	41
Quadro 6. Formação Acadêmica e Setor da IES: Pannel de Especialista.....	63

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ações de Gestão Ambiental na Universidade Federal de Lavras.....	23
Figura 2. Fluxo – <i>Campus</i> Universitário.....	27
Figura 3. Estrutura da Gestão Ambiental.....	35
Figura 4. Sequência Metodológica: Pannel de Especialista.....	50
Figura 5. Construção da Escola Politécnica em Bodocongó.....	52
Figura 6. Escola Politécnica concluída (atual Centro de Humanidades da UFCG).....	53
Figura 7. Distribuição das Instituições Federais: Brasil e na Paraíba.....	54
Figura 8. Vista Aérea do <i>Campus</i> sede da UFCG 8 (a); Espaço ocupado pela UFCG (contorno em amarelo), tendo ao fundo a cidade de Campina Grande 8 (b). .....	55
Figura 9. Setores A, B e C do Campus de Campina Grande – UFCG. ....	55
Figura 10. Coleta de esgoto no Setor A.....	56
Figura 11. Coleta de efluentes (esgoto mais contribuição pluvial).....	56
Figura 12 - Coleta de esgoto no Setor B.....	57
Figura 13. Coleta de esgoto no Setor C: Fig. 13(a) – Contribuição Externa; Fig. 13 (b) – Contribuição Interna 1 e Fig. 13 (c) – Contribuição Interna 2(Esgoto da Fossa Séptica). .....	57
Figura 14. Saída do Efluente.....	58
Figura 15. Aparelho Rotativo de Frascos para Lixiviação.....	60

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Resposta do Pannel de Especialista – PARETO.....	64
Gráfico 2. Volume de Água Consumida (m <sup>3</sup> /Avaliação) - (UFCG).....	68
Gráfico 3. Energia Consumida (kWh/avaliação) – (UFCG).....	71
Gráfico 4. Consumo Anual de Papel (Unidade/Avaliação) – (UFCG).....	73
Gráfico 5. Produção de Resíduo Sólido (kg) na UFCG. ....	75

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Padrões nacionais de qualidade do ar.....	29
Tabela 2. Estimativa de consumo de água.....	45
Tabela 3. Matriz de Avaliação Multicritério.....	62
Tabela 4. Valores Reais(observados) e os Valores Aproximados das Respostas.....	65
Tabela 5. Relação: Peso e Indicador.....	66
Tabela 6. Dados Quantitativos da UFCG – Campus Campina Grande.....	67
Tabela 7. Dados Quantitativos da UFCG – Campus Campina Grande.....	68
Tabela 8. Limites Máximos Permissíveis para Lixiviação e Solubilização.....	74
Tabela 9. Concentração em $\text{mg.kg}^{-1}$ do resíduo sólido produzido na UFCG.....	74
Tabela 10. Resíduo Sólido: Passivo e Ativo - IPT.....	75
Tabela 11. Teor Nitrogênio Amoniacal nos Pontos A, B, C e saída da UFCG: 04 Avaliações.....	77
Tabela 12. Teor DQO nos Pontos A, B, C e saída da UFCG: 04 Avaliações.....	78
Tabela 13. Valores Padrões Para Potabilidade da Água e Aceitação para Consumo.....	80
Tabela 14. Teor de Metais pesados nos Pontos A, B, C e saída do <i>campus</i> - 1ª Avaliação.....	80
Tabela 15. Teor de Metais pesados nos Pontos A, B, C e saída do <i>campus</i> - 2ª Avaliação.....	81
Tabela 16. Teor de Metais pesados nos Pontos A, B, C e saída do <i>campus</i> - 3ª Avaliação.....	82
Tabela 17. Teor de Metais pesados nos Pontos A, B, C e saída do <i>campus</i> - 4ª Avaliação.....	82
Tabela 18. Consumo de Água ( $\text{m}^3$ ) nas 4 Avaliações.....	84
Tabela 19. Consumo de Energia (kWh).....	84
Tabela 20. Consumo de Papel (Unidade).....	85
Tabela 21. Consumo de Envelope (Unidade).....	85
Tabela 22. Consumo Papel(papel + envelope).....	85
Tabela 23. Quantidade de Resíduos Sólidos Gerados na UFCG.....	86
Tabela 24. Teor de Metal Pesado nas 04 Avaliações(somatório de cada avaliação).....	86
Tabela 25. Teor de Nitrogênio Amoniacal e DQOnas 04 Avaliações (somatório de cada avaliação).....	86
Tabela 26. Peso e Valores dos Indicadores nas Quatro Avaliações.....	87
Tabela 27. Valores Relativizados para os Indicadores de ADA.....	88
Tabela 28. Resultado Final da ADA – <i>Campus</i> sede: Campina Grande.....	89
Tabela 29. Consumo total de água nas quatro avaliações ( $\text{m}^3 \times \text{R\$}$ ).....	102
Tabela 30. Consumo total de energia elétrica nas quatro avaliações ( $\text{m}^3 \times \text{R\$}$ ).....	103
Tabela 31. Consumo total de Papel/envelope nas quatro avaliações(Unidade).....	104

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

AAS - Absorção Atômica  
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ADA - Avaliação do Desempenho Ambiental  
ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica  
CNTL - Centro Nacional de Tecnologia  
CO - Monóxido de Carbono  
CO<sub>2</sub> - Dióxido de Carbono  
CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente  
CONESAM - Conselho Estadual de Meio Ambiente  
DQO - Demanda Química de Oxigênio  
GLP - Gás Liquefeito de Petróleo  
GPI - Global Reporting Initiative  
H<sub>2</sub>S - Gás Sulfídrico  
IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente  
ICA - Indicador de Condição Ambiental  
IDA - Indicador de Desempenho Ambiental  
IDG - Indicador de Desempenho de Gestão  
IDO - Indicador de Desempenho Operacional  
IES - Instituições de Ensino Superior  
ISO - Organization Standard International  
MS - Ministério da Saúde  
NO<sub>x</sub> - Óxido de Nitrogênio  
NITROGÊNIO AMONÍACAL - Nitrogênio Total Kjeldahl  
O<sub>2</sub>-Oxigênio  
ONGS - Organizações não Governamentais  
ONU - Organização das Nações Unidas  
PRGAF - Pró-Reitoria de Gestão Administrativo-Financeira  
PTS - Partículas Totais em Suspensão  
SGA - Sistema de Gestão Ambiental  
SO<sub>2</sub> - Dióxido de Enxofre  
UFCG - Universidade Federal de Campina Grande  
VLE - Valores Limite de Emissão

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>5</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>7</b>
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	<b>9</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>9</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>15</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>1.1. PROBLEMA E JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>16</b>
<b>1.2. DELIMITAÇÃO DO ESCOPO DA TESE</b> .....	<b>18</b>
<b>1.3. OBJETIVOS</b> .....	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>20</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>20</b>
<b>2.1.INDICADORES AMBIENTAIS E AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS</b> .....	<b>20</b>
<b>2.2. ASPECTOS GERAIS</b> .....	<b>24</b>
<b>2.3.INDICADORES PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS</b> .....	<b>25</b>
2.3.1.Consumo de Água.....	28
2.3.2.Poluição Atmosférica.....	28
2.3.3.Emissões de Poluentes.....	30
2.3.4.Consumo de Materiais.....	31
2.3.5.Energia Elétrica.....	31
<b>2.4.AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL</b> .....	<b>32</b>
<b>2.5.GESTÃO AMBIENTAL E CATEGORIAS DE INDICADORES</b> .....	<b>35</b>
<b>2.6.MODELOS DE INDICADORES AMBIENTAIS</b> .....	<b>38</b>
2.6.1.Índice Global.....	39
2.6.2.Indicador de Salubridade Ambiental (ISA).....	40
2.6.3.Indicadores e Índices para Avaliação de Impactos.....	41
2.6.3.1.Volume Crítico.....	42

	13
2.6.3.2.Quantidade de Materiais: Papel.....	43
2.6.3.3.Quantidade de Energia .....	44
2.6.3.4.Quantidade de Água.....	45
<b>2.7.CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO .....</b>	<b>46</b>
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>48</b>
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>48</b>
<b>3.1. PRIMEIRA ETAPA: PESQUISA BIBLIOGRÁFICA SOBRE ADA, MODELOS DE AVALIAÇÃO E INDICADORES .....</b>	<b>48</b>
<b>3.2.SEGUNDA ETAPA: FORMAÇÃO DO PAINEL DE ESPECIALISTA .....</b>	<b>49</b>
<b>3.3. TERCEIRA ETAPA – CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO NO CAMPO DE ESTUDO: UFCG .....</b>	<b>51</b>
3.3.1. Caracterização e Aspectos Quantitativos do Campus Sede: UFCG .....	52
3.3.2.1.Setor A .....	56
3.3.2.2. Setor B.....	57
3.3.2.3. Setor C.....	57
3.3.2.4. Saída do Efluente (Out).....	58
3.3.2.Quantificação dos Contaminantes, Materiais, Energia e Água .....	58
3.3.2.1.Nitrogênio Amoniacal.....	58
3.3.2.2.Demanda Química de Oxigênio – DQO.....	59
3.3.2.3.Contaminantes - Metais Pesados.....	59
3.3.2.4.Água, Energia e Papel.....	60
<b>3.4. QUARTA ETAPA: VALIDAÇÃO DO MODELO E INDICADORES PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL EM IES .....</b>	<b>60</b>
3.4.1. Análise Multicritério .....	61
3.4.2.Agregação e Ponderação .....	62
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>63</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>63</b>
<b>4.1. AVALIAÇÃO DAS RESPOSTAS PAINEL DE ESPECIALISTA .....</b>	<b>63</b>
<b>4.2. CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DO CAMPO DE ESTUDO.....</b>	<b>67</b>
4.2.1.Água.....	68
4.2.2.Energia .....	70
4.2.3. Papel.....	72
4.2.4.Resíduos Sólidos .....	74

	14
4.2.5.Nitrogênio Amoniacal .....	76
4.2.6.Demanda Química por Oxigênio - DQO .....	78
4.2.7.Contaminantes: Metais Pesados no Efluente.....	80
<b>4.3. VALIDAÇÃO DOS INDICADORES E DO MODELO DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL.....</b>	<b>84</b>
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>91</b>
<b>5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES .....</b>	<b>91</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>93</b>
APÊNDICE A – Questionário – Painel de Especialistas .....	99
APÊNDICE B – Procedimento: Determinação de Nitrogênio Amoniacal.....	100
APÊNDICE C – Procedimento: Determinação da Demanda Química de Oxigênio - DQO.....	101
APÊNDICE D – Tabelas com o consumo de Água, Energia Elétrica e Papel/Envelope .....	102

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUÇÃO

O tema central desta pesquisa está voltado à gestão ambiental incluindo a propositura de um modelo de desempenho ambiental com indicadores para avaliar as Instituições de Ensino Superior (IES). A Comissão Mundial do Ambiente e Desenvolvimento (Comissão Brundtland), em seu relatório de 1987, sob o título *Nosso Futuro Comum*, revelou a importância da preservação do meio ambiente na realização do desenvolvimento sustentável. Podem-se destacar quatro princípios relacionados à gestão ambiental e ao desempenho ambiental em organizações da seguinte forma (ANDRADE *et al*, 2000):

*1º: Aperfeiçoar continuamente as políticas e programas para o desempenho ambiental das organizações;*

*2º: Analisar os impactos ambientais antes de iniciar os projetos e antes de desativar uma instalação ou abandonar um local (Avaliação Prévia);*

*3º: Realizar ou patrocinar pesquisas ou investigações sobre os impactos ambientais;*

*4º: Definir procedimentos para aferir o desempenho das ações sobre o ambiente.*

Para fins de padronização, o termo *organização*<sup>1</sup> será entendido, também, neste trabalho como referência à Instituição de Ensino Superior (IES).

De acordo com Demajorovic (2006), a aplicação de ferramentas de gestão ambiental em Instituições de Ensino Superior torna-se imperativa uma vez que suas dimensões no contexto nacional e o papel que desempenham na formação da sociedade são cada vez mais evidentes. Observa-se também que dentre os setores de serviços, o setor educacional foi o que menos apresentou avanço na área ambiental nos últimos anos. O setor educacional ainda foi muito pouco explorado dentro da temática gestão de desempenho ambiental e impactos ambientais em IES.

---

<sup>1</sup>Empresa, corporação, firma, empreendimento, autoridade ou instituição, ou parte ou uma combinação desses, incorporada ou não, pública ou privada, que tenha funções e administração próprias. Neste trabalho, o termo organização será aplicado a IES (ISO 14.031, 2004 e ABNT NBR ISO 14.001, 2004).

Com a realização deste trabalho espera-se contribuir para avaliar IES no aspecto ambiental<sup>2</sup> tais como a geração e quantificação de poluentes e consumo de recursos como água, papel e energia, além de propor indicadores ambientais e um índice ambiental geral para a IES.

### **1.1. PROBLEMA E JUSTIFICATIVA**

Nos últimos anos, o Brasil ampliou o número de cursos de graduação, mestrado e doutorado. O Brasil contava, em 2010, com 2.377 Instituições de Ensino Superior (IES), das quais 11,69% eram públicas (INEP, 2010). A cada ano o número de alunos tem aumentado significativamente em IES. Os vários fatores atribuídos a essa expansão deve-se ao aumento do número de financiamento (bolsas e subsídios) aos alunos, como os programas Fies(Financiamento de Instituição de Ensino Superior) e ProUni(Pro-Universidade para Todos) e o aumento da oferta de vagas na rede Federal, via abertura de novos campi e novas IES, bem como a interiorização de universidades já existentes.

Constata-se que poucas IES incorporaram soluções baseadas na norma ISO 14.001, que procura identificar os aspectos de que impactam o meio ambiente<sup>3</sup> e compreender a legislação ambiental relevante à sua situação, e muito menos soluções baseadas na ISO 14.031, que fornece orientação para o projeto e uso da avaliação do desempenho ambiental em uma organização. No Brasil, não existe trabalho de caráter experimental/teórico visando à propositura de indicadores para avaliar o desempenho ambiental de IES.

Dessa maneira, mesmo considerando que as IES estão dispersas por todo o território nacional, seu potencial para geração de impactos ambientais se evidencia. Os principais impactos ambientais negativos, diretamente relacionados ao setor educacional são: o consumo de água, o consumo de energia elétrica, a geração de efluentes líquidos e resíduos sólidos e, como impactos indiretos, os meios de transporte, com suas emissões atmosféricas relacionadas ao deslocamento de alunos, funcionários e professores.

---

<sup>2</sup>Elemento das atividades ou produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente(ISO 14.031, 2004 e ABNT NBR ISO 14.001, 2004).

<sup>3</sup>Circunvizinhança em que uma organização opera, incluindo-se ar, água, solo, recursos naturais, flora, fauna, seres humanos e suas inter-relações (ISO 14.031, 2004 e ABNT NBR ISO 14.001, 2004).

É preciso considerar, também, os impactos positivos, relacionados principalmente à atividade fim do setor: a educação, que possibilita o desenvolvimento de cidadãos e profissionais mais conscientes e abertos a discutirem a questão ambiental (FERES e ANTUNES, 2007).

Tauchem e Brandli (2007) realizaram uma pesquisa com 42 IES em todo o mundo, e constataram que apesar de existirem diversas iniciativas pontuais, porém estruturadas e permanentes, voltadas à gestão ambiental, nessas instituições (ex. gestão de resíduos sólidos, consumo e reuso de água), poucas delas apresentam um sistema de gestão que inclua os diversos aspectos ambientais relacionados à operação dessas instituições. A pesquisa aponta que 41% das iniciativas estudadas estavam relacionadas especificamente à gestão de resíduos, consumo e reuso de água e sensibilização de alunos. Apenas 05 (cinco) das 42 (quarenta e duas) instituições avaliadas incorporaram soluções baseadas na norma ISO 14.001.

Neste sentido, justifica-se a realização desta pesquisa para contribuir na proposição de um modelo de indicadores para avaliação do desempenho ambiental de IES, já que no Brasil não existem indicadores e índices ambientais com estes propósitos.

No Brasil, existem trabalhos práticos (CUNHA, 2001) voltados às organizações industriais e trabalhos com proposições de indicadores e índices para IES (NARDY, *et al.* 2011). Porém, não existe no Brasil estudo experimental visando à propositura de indicadores para avaliar IES.

Os casos de gestão ambiental em âmbito universitário encontrados no mundo e no Brasil constituem, na maioria das vezes, práticas isoladas em situações em que a instituição já está implantada e funcionando. Esta situação revela a preocupação crescente de adaptação das universidades em busca de um desenvolvimento sustentável, não só no aspecto do ensino, mas de práticas de funcionamento ambientalmente corretas. Neste sentido, pode-se constatar que várias ações foram realizadas por diversos autores (TAUCHEN e BRANDLI, 2006; FERES e ANTUNES, 2007 e ZAMBRANO, 2004), porém há necessidade de propor indicadores ambientais específicos às IES para avaliar o desempenho ambiental.

Diante do exposto, o trabalho contribuirá para avaliar as IES, tais como a geração e quantificação de poluentes (líquidos, sólidos e gasosos) e consumo de recursos como água, papel e energia. O trabalho propõe indicadores ambientais e um modelo de avaliação de desempenho ambiental, aqui denominado de ADA<sub>IES</sub>.

## 1.2. DELIMITAÇÃO DO ESCOPO DA TESE

Neste trabalho foi proposto um modelo com indicadores para avaliação ambiental de IES, tendo como delimitação da pesquisa o campus sede da UFCG.

Os aspectos ambientais que o estudo está inserido referem-se à emissão de poluentes, consumo de recursos naturais e uso de energia em IES. Os problemas ambientais referem-se às consequências decorrentes dos aspectos ambientais. Neste contexto foi proposto determinado número de indicadores, caso contrário, um número elevado faria com que a avaliação se tornasse mais difícil e menos precisa.

A tese está estruturada em Capítulos, em aspectos considerados importantes, tais como: justificativa, objetivos, revisão bibliográfica e metodologia. No Capítulo 1 apresenta-se a introdução do trabalho com destaque para a justificativa e os objetivos. No Capítulo 2 está apresentada a fundamentação teórica, com destaque para os aspectos da *Avaliação do Desempenho Ambiental (ADA)* e para os *indicadores ambientais*. No Capítulo 3 encontram-se os aspectos metodológicos com as 04(quatro) etapas da pesquisa. No Capítulo 4 estão, finalmente, apresentados e discutidos os resultados da pesquisa e, em consequência, as conclusões e as sugestões.

Vale também registrar, adicionalmente, que a tese se propõe a fazer abordagem, dentro das limitações adstritas aos seus três eixos:

- Recursos Naturais, aqui abordando as questões relativas a água, energia e papel;
- Problemas Ambientais, observando a geração de resíduos sólidos e efluentes tais como nitrogênio, metais pesados e demanda química de oxigênio e, finalmente,
- Meios Receptores, como a geração e quantificação (kg) de lixo, além de sua produção *per capita*.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### ***Objetivo Geral***

Propor um modelo de avaliação de desempenho ambiental para Instituições de Ensino Superior por meio do uso de um conjunto de indicadores ambientais.

#### ***Objetivos Específicos***

- i. Apresentar o perfil ambiental, caracterizando e quantificando o campus sede da UFCG, no sentido de abordar os aspectos e problemas ambientais, tais como a geração de poluentes (líquidos e sólidos), além do consumo de recursos como água, papel e energia;
- ii. Formar painel de especialistas com o objetivo de validar os indicadores ambientais;
- iii. Desenvolver o Modelo de Avaliação do Desempenho Ambiental de uma IES.

### 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 2.1. INDICADORES AMBIENTAIS E AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

Nos últimos anos, a temática ambiental esteve presente em vários fóruns internacionais sobre meio ambiente e desenvolvimento. O centro das discussões estava voltado à crise ambiental e suas consequências para o ser humano. Em 1972, com a Conferência da Organização das Nações Unidas (ONU), realizada em Estocolmo, a temática ambiental foi pela primeira vez discutida com o foco voltado para o Meio Ambiente Humano. O evento ganhou destaque por ser considerado como uma ferramenta essencial ao combate da crise ambiental.

Em 1992, a ONU realizou um encontro, no Rio de Janeiro – a ECO-92 –, ocasião em que os principais governos e empresas de todo o mundo elaboraram a agenda 21, a qual passou a ser referência na implantação de programas de preservação do meio ambiente e desenvolvimento sustentável. Mais tarde, a ONU realizou outros dois encontros, de importância mundial: o de Kioto, em 1998, em que se discutiu o impacto das emissões gasosas no meio ambiente, e a RIO + 10, realizada em Johannesburgo, no ano de 2002, cujo foco de discussão foi o ambiente e o desenvolvimento sustentável. Esta crescente preocupação e conscientização da sociedade fez com que muitas empresas passassem a considerar as questões ambientais em seus negócios. Em Junho de 2012, foi realizada a RIO + 20, em que as ações das conferências anteriores foram analisadas e avaliadas.

Logo, a partir da Conferência realizada em Estocolmo, a gestão ambiental recebeu uma grande importância nos diversos ramos da sociedade, passando a ser impulsionada por meio de ações de Organizações não Governamentais (ONGs), governo, Universidades e empresas. Pode-se observar que, apesar dos diversos atores estarem envolvidos com a questão ambiental, existem muito poucas ações para *avaliar o desempenho ambiental*<sup>4</sup>(ADA) de Instituições de Ensino Superior (IES) com seus

---

<sup>4</sup>Resultados mensuráveis da gestão de uma organização sobre seus aspectos ambientais(ISO 14.031, 2004 e ABNT NBR ISO 14.001, 2004).

*respectivos indicadores ambientais*. A problemática é que, mesmo havendo toda uma evidente conscientização sobre o assunto, nem todas as IES se voltaram para avaliar o seu desempenho ambiental com seus respectivos indicadores ambientais. Até o momento, no nível superior de ensino, não se tem respostas que evidenciem a realidade da adoção desta temática, bem como iniciativas sobre o assunto.

Nos anos setenta, as Instituições de Ensino Superior (IES) começaram a introduzir a temática ambiental em seus processos de gestão, tendo surgido as primeiras experiências nos Estados Unidos. O Quadro 1 apresenta resumidamente ações ambientais em países da Europa, na América do Norte e na América do Sul (Brasil).

Quadro 1. Ações Ambientais em IES

<b>País</b>	<b>Local</b>	<b>Ação</b>	<b>Objetivo</b>
<i>Costa Rica</i>	Universidade Latina de Costa Rica	Organização Internacional e Desenvolvimento Sustentável	Desenvolvimento Sustentável e pesquisa sobre Meio Ambiente
<i>Tóquio</i>	Universidade de Tóquio	Certificação ISO <sup>5</sup> 14.001	Desenvolvimento Sustentável e Política Ambiental
<i>EUA</i>	Universidades da Califórnia, de Winscosin, do Estado do Novo México, de Illinois e de Minnesota	Gerenciamento de Resíduos	Diminuição e Recuperação de Resíduos
<i>Suécia</i>	Universidade Mälardalen	ISO 14.001	Política Ambiental
<i>Reino Unido</i>	Bishop Burton College e Wigan e Leigh College Wigan	Sistema de Gestão Ambiental	Desenvolvimento de Boas Práticas Ambientais
<i>Brasil</i>	Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul	ISO 14.001	Projeto Verdes Campus
<i>Brasil</i>	Universidade Federal de Santa Catarina	Sistema de Gestão Ambiental	Uso do Ensino para melhoria da Relação com o Meio Ambiente
<i>Brasil</i>	Fundação Regional de Blumenau	Sistema de Gestão Ambiental	Encontrar os Problemas Ambientais
<i>Brasil</i>	Universidade Federal do Rio Grande	Diagnostico dos Resíduos	Diminuição dos Resíduos e Consumo de Água e Energia
<i>Brasil</i>	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	ISO 14.001	Modelo de Implantação da Gestão Ambiental
<i>Brasil</i>	Universidade Federal de Lavras	Gestão ambiental	Tratamento dos Efluentes, Planejamento, Gestão de Energia e Resíduos e Prevenção de Incêndios

Fonte: Oudsmá (2011); Delgado e Velez (2012); Blewitt (2001); Tauchen (2007); Verde Campus (1997); Ribeiro *et al.* (2005).

<sup>5</sup> ISO - Organization Standard International

No Quadro 1, das Universidades citadas, a primeira certificada foi a de Tóquio, enquanto a Universidade *Mälardalen*, na Suécia, foi considerada pioneira na implantação do Sistema de Gestão Ambiental<sup>6</sup> (SGA).

As ações na Costa Rica se referem à criação, em 1995, de uma organização em São José, que atua como uma rede de IES com o objetivo de desenvolver programas e pesquisas no campo do meio ambiente para o desenvolvimento sustentável. Essa organização chama-se Organização Internacional de Universidades pelo Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente. São aproximadamente 60 IES credenciadas, de diferentes países espalhados em todos os continentes do mundo, visando melhorias para o desenvolvimento ambiental sustentável.

Dentro deste contexto, situado no ano de 2006, referente à IES que adotaram compromissos e políticas ambientais para o desenvolvimento sustentável, de um total de 142 (cento e quarenta e duas) Universidades, localizadas em diferentes partes do mundo, apenas 10 (dez) IES estavam certificadas com ISO 14.001, destacando-se, entre estas, a Universidade de Tóquio, no Japão.

Como pode ser observado, no Brasil, as ações de gestão ambiental nas IES não abordam a avaliação do desempenho ambiental. Nolasco *et al* (2006) afirmam que as experiências de implantar o Sistema de Gestão Ambiental vêm sendo realizadas na década de noventa, porém com iniciativas separadas, principalmente em algumas das maiores e mais antigas Universidades Estaduais e Federais no país.

No entanto, verifica-se que a aplicação da Gestão Ambiental em IES ainda é pouco estruturada, sobretudo nas instituições de ensino fundamental e médio existentes no Brasil. As esparsas referências bibliográficas relacionadas à Gestão Ambiental nessas instituições apresentam geralmente programas pontuais de uso racional de água e energia elétrica, objetivando a redução de custos, a conscientização e a sensibilização de toda comunidade acadêmica, quanto à importância da questão ambiental (OLIVEIRA e AMORIM, 2010).

No Quadro 1, pode-se observar as ações de IES no Brasil (Universidade do Vale do Rio dos Sinos/RS, Universidade Federal de Santa Catarina, Fundação Regional de Blumenau, Universidade Federal do Rio Grande e Universidade Federal do Rio Grande

---

<sup>6</sup>SGA a parte de um sistema da gestão de uma organização utilizada para desenvolver e implementar sua política ambiental e para gerenciar seus aspectos ambientais(ISO 14.031, 2004 e ABNT NBR ISO 14.001, 2004).

do Sul) não tiveram como foco central ações para implantar indicadores, pois os trabalhos foram desenvolvidos na área de gestão de resíduos, de consumo de água e energia e na implantação dos requisitos para a gestão ambiental.

No trabalho realizado por NARDY *et al* (2011), sobre a possibilidade de implantação de um Sistema de Gerenciamento Ambiental em IES, foram utilizados os conceitos da Norma ABNT NBR 14.031(2004), e os autores constataram que é possível desenvolver a avaliação de desempenho ambiental com base na referida norma. Estes verificaram e analisaram os consumos de água, energia, geração de resíduos sólidos e tratamentos de efluentes, bem como foi realizado o inventário corporativo das emissões de gases.

Finalmente, as ações da Universidade Federal de Lavras estão voltadas para o tratamento dos efluentes, planejamento e gestão de energia, gestão de resíduos e prevenção de incêndios, as quais estão subordinadas por uma diretoria de meio ambiente.

A Figura 1 apresenta fluxograma das ações realizadas na Universidade Federal de Lavras.

Figura 1. Ações de Gestão Ambiental na Universidade Federal de Lavras



Fonte: Jornal UFLA (2011).

## 2.2. ASPECTOS GERAIS

Diaz-Moreno (1999) define indicadores ambientais como variáveis ou estimativas ambientais que possuem informações de forma agregada e sintética sobre um fenômeno. De forma geral, os indicadores servem para diminuir os impactos, para monitorar processos e, finalmente, para sintetizar diversas informações, com o objetivo de reter apenas o significado essencial dos aspectos analisados (GASPARINI, 2003; CORAL, 2002; MITCHEL, 2004).

Em termos históricos, cabe a Rapport (1990) a seguinte classificação, que trata da evolução verificada no que diz respeito à necessidade de uso de indicadores ambientais para o registro de fenômenos que impactam o meio ambiente (Quadro 2):

Quadro 2. Evolução das fases, períodos e indicadores

<b>Fase</b>	<b>Período</b>	<b>Finalidade - Indicadores</b>
Primeira	Séculos XVII e XVIII	Poluição em rios Navegáveis Peixes e Odores
Segunda	Século XX	Efeitos tóxicos e deformidades em espécies sensíveis Integridade ambiental
Terceira	Século XXI	Medidas integradas das transformações ecológicas dentro do contexto das alterações culturais e sócio econômicas

Fonte: Rapport (1990).

É possível observar, no Quadro 2, que a aplicação de indicadores, de um modo geral, reflete a necessidade da quantificação de parâmetros que permitam avaliar, da forma mais correta possível, a eficiência e eficácia de determinado processo. Nos séculos 17 e 18, os indicadores identificavam visualmente a poluição. Nos anos 50 e 70, os indicadores avaliavam o efeito tóxico no meio ambiente. Observando-se a tendência atual, em termos de desenvolvimento, verifica-se que as organizações estão em busca do desenvolvimento sustentável. Ou seja, buscam a eliminação de qualquer aspecto ambiental que interfira no desenvolvimento das gerações futuras, fazendo considerações econômicas ajustadas com os aspectos ambientais e sociais.

Quanto às áreas de avaliação de desempenho ambiental, existem indicadores relativos a:

- Sistemas gerenciais – cujo objetivo é identificar pontos fortes ou fracos na organização;
- Sistemas operacionais – que verificam as cargas decorrentes do processo para o meio ambiente;

- Estado do meio ambiente – que atesta a condição do meio ambiente no momento da avaliação.

Segundo o relatório da Comunidade Européia (Comunidade Européia, 2004), um indicador é um parâmetro ou um valor derivado de um conjunto de parâmetros, que proporciona informação acerca de um fenômeno ou descreve o estado desse fenômeno, tendo, por conseguinte, um significado para além do associado ao valor do parâmetro.

Uma Universidade sustentável é aquela que ajuda a sua comunidade acadêmica a compreender a degradação do ambiente, motivando-a a procurar práticas ambientalmente sustentáveis (CLUGSTON e CALDER, 2000).

De acordo com Bakker (1998), uma Universidade sustentável é aquela em que:

- A principal prioridade é a sustentabilidade ambiental;
- O conhecimento ambiental se encontra integrado nas suas disciplinas mais relevantes;
- Oportunidades são criadas para que os alunos estudem os problemas ambientais do *campus* e também em seu entorno;
- Auditorias ambientais são criadas no *campus*;
- Práticas de compra ambientalmente responsáveis são estabelecidas;
- Os resíduos produzidos no *campus* são ativamente reduzidos;
- A eficiência energética no *campus* é maximizada;
- Os alunos que procuram carreiras ambientalmente responsáveis são incentivados e apoiados.

### **2.3.INDICADORES PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS**

Segundo Gasparini (2003), os indicadores de desempenho ambiental têm o objetivo de diminuir o impacto ambiental<sup>7</sup> de determinada organização. Esses indicadores se referem ao uso de recursos naturais, que são evidenciados em valores absolutos de quantidades ou consumo, sendo ainda capazes de analisar as ações de gerenciamento ambiental, os impactos expressivos relacionados ao departamento de atividade e as ações referentes à redução da poluição.

---

<sup>7</sup>Qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, dos aspectos ambientais da organização(ISO 14.031, 2004 e ABNT NBR ISO 14.001, 2004).

Os indicadores são definidos como ferramentas que devem ser usadas para uma organização monitorar processos (geralmente os denominados críticos) quanto ao alcance ou não de uma meta ou padrão mínimo de desempenho estabelecido (CORAL, 2002). E, como tal, os indicadores permitem um melhor conhecimento das complexas relações entre o meio ambiente, os processos econômicos e a dinâmica social. Mitchell (2004) define um indicador, também, como uma ferramenta que aceita a obtenção de informações sobre uma dada realidade, tendo como característica principal a de poder sintetizar diversas informações, retendo apenas o significado essencial dos aspectos analisados. Os principais indicadores de desempenho para organizações Públicas Federais são:

- Indicadores de Produtividade – índice que avalia a eficácia na educação, levando em consideração o Regime de Trabalho do docente (Tempo Integral) em relação ao quantitativo de alunos;
- Indicadores de Qualidade – índice de qualificação do corpo docente, de acordo com as demandas da IES.
- Indicadores de Desempenho de Consumo – índice que avalia o consumo com pessoal (ativo e inativo) e com aluno; consumo com custeio básico e outros custeios (energia elétrica, água, combustível e passagens e diárias, etc); consumo com investimento (modernização e aquisição de bem).

Como se pode observar, os indicadores que são considerados, para aferir o impacto que uma IES possa causar no meio ambiente, estão relacionados com toda a comunidade acadêmica, envolvendo as mais variadas atividades, desde as meramente administrativas até as atividades mais específicas de ensino, de pesquisa e de extensão.

Os indicadores ambientais, como o uso de materiais, de energia e de água, estão relacionados com a produção de águas residuais, de resíduos perigosos e não perigosos, além dos aspectos referentes à qualidade do ar. Estes indicadores estão relacionados com os problemas ambientais e podem ser analisados sob dois enfoques, utilizados independentemente ou de forma complementar. São esses os enfoques:

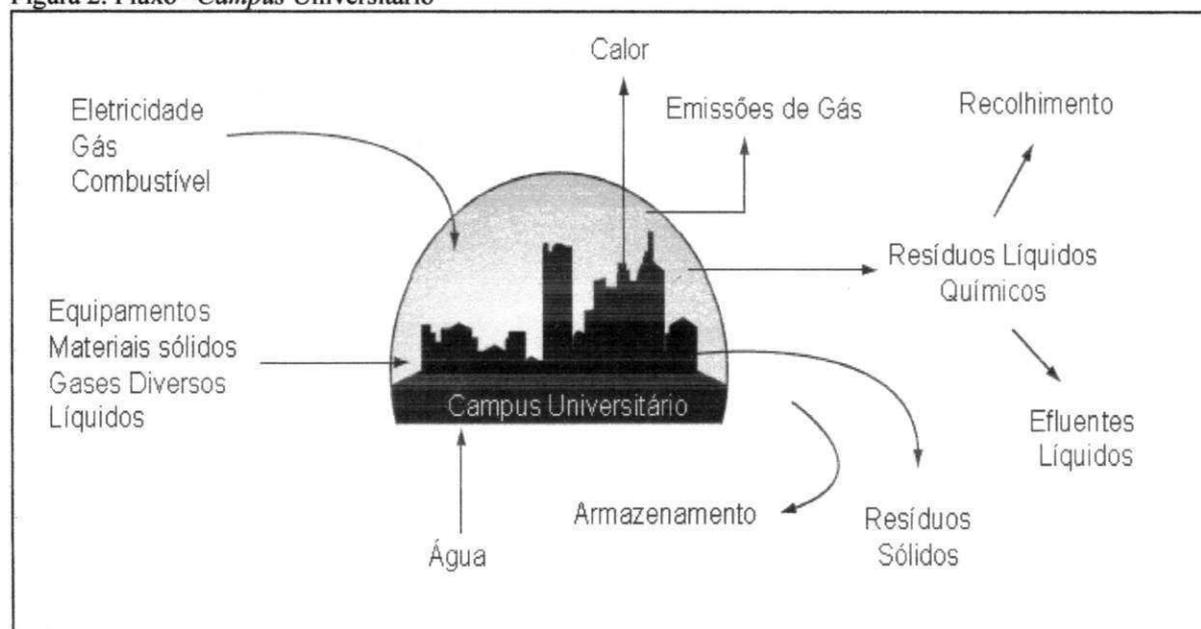
- i. Em função dos *meios receptores*, nos quais os poluentes são rejeitados; e
- ii. Em função dos *problemas ambientais*, nos quais, cada fator de impacto vai ser analisado com relação às consequências que eles têm sobre o meio ambiente.

Com relação aos meios receptores, os fatores de impacto são classificados em função do meio físico no qual eles são rejeitados, tais como a poluição do ar, do solo e da água. Com relação aos problemas ambientais, o fator de impacto vai ser analisado com relação aos problemas causados ao meio ambiente de conformidade com:

- i. Redução dos recursos renováveis e não renováveis (água e energia),
- ii. Poluições, aquecimento global, redução da camada de ozônio, toxicidade, acidificação, eutrofização dos lagos, e
- iii. Contaminação por resíduos sólidos, e perturbações (degradação ambiental).

A Figura 2 apresenta os principais fluxos em um *campus* universitário.

Figura 2. Fluxo –*Campus* Universitário



Fonte: Tauchen e Brandli(2006).

Na Figura 2, observa-se que existem entradas e saídas de materiais que podem ser convertidos em indicadores, pois tais entradas e saídas apresentam fatores de impactos em função dos *meios receptores*, nos quais os poluentes são rejeitados e em função dos *problemas ambientais*.

Na Figura 2, com relação aos meios receptores, os fatores de impacto são classificados em função do meio físico no qual eles são rejeitados, tais como as emissões gasosas, resíduos sólidos e efluentes líquidos e resíduos líquidos químicos.

Com relação aos *problemas ambientais*, os fatores de impactos podem ser avaliados e analisados com relação aos problemas causados ao meio ambiente pelos

lançamentos de poluentes que contribuirão para a redução dos recursos renováveis e não renováveis, da poluição responsável pelo aquecimento global, em decorrência da redução da camada de ozônio, toxicidade, acidificação, eutrofização dos lagos (presença elevada de nitrogênio e fósforo) e resíduos sólidos.

Diante dos *meios receptores*, nos quais os poluentes são rejeitados, e ainda diante dos *problemas ambientais*, serão apresentados e analisados, nos itens subseqüentes, o consumo de água, poluição atmosférica, emissões de poluentes, consumo de materiais e consumo de energia.

### **2.3.1. Consumo de Água**

Segundo Tauchen & Brandli (2006), o indicador água tem o significado de determinar a quantidade de água consumida, utilizada ou desperdiçada e a sua origem. Os recursos de água consumidos ou utilizados podem servir como indicadores de impacto na qualidade da água e risco para os ecossistemas aquáticos e a degradação da água destinada ao consumo humano e outros fins. Para o cálculo, usa-se o somatório do volume de água consumido de diversas proveniências (superficial, subterrânea, rede pública e industrial).

### **2.3.2. Poluição Atmosférica**

A qualidade do ar é caracterizada por meio da utilização de indicadores diversos, geralmente expressos pela concentração de um dado poluente em um determinado intervalo de tempo. Os indicadores mais utilizados são os seguintes poluentes: dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), óxido de nitrogênio (NO), monóxido de carbono (CO) e partículas totais em suspensão (PTS).

Os padrões de qualidade do ar definem legalmente o nível máximo de concentração de um determinado poluente na atmosfera, estabelecendo como limite a concentração que garanta a proteção da saúde do homem e do meio ambiente. Os padrões nacionais foram estabelecidos pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente – IBAMA e aprovados pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, por meio da Resolução CONAMA N°. 03/90. Os parâmetros regulamentados são os seguintes: partícula total em suspensão,

fumaça, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio.

Os padrões nacionais de qualidade do ar são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Padrões nacionais de qualidade do ar

Poluente	Amostragem	Padrão Primário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Padrão Secundário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Partículas totais em suspensão	24 horas <sup>1</sup>	240	150
	MGA <sup>2</sup>	80	60
Partículas Inaláveis	24 horas <sup>1</sup>	150	150
	MAA <sup>3</sup>	50	50
Fumaça	24 horas <sup>1</sup>	150	100
	MAA <sup>3</sup>	60	40
Dióxido de enxofre	24 horas <sup>1</sup>	365	100
	MAA <sup>3</sup>	80	40
Dióxido de nitrogênio	1 hora <sup>1</sup>	320	190
	MAA <sup>3</sup>	100	100
Monóxido de carbono	1 hora <sup>1</sup>	40.000	40.000
		35 ppm	35 ppm
	8 horas <sup>1</sup>	10.000	10.000
		9 ppm	9 ppm

Legenda: 1- Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano; 2 - Média geométrica anual; 3 - Média aritmética anual; ppm(Parte por milhão).Fonte: CONAMA Resolução N°. 03/90(1990).

De acordo com Brown (2003), em seu livro *Eco-Economia – Construindo uma Economia para a Terra*,

[...] Desde o início da agricultura, o clima da Terra tem se mantido extraordinariamente estável. Hoje, a temperatura está em elevação devido aparentemente ao efeito estufa”, compreendido aqui como sendo o aquecimento resultante do aumento da concentração de gases retentores de calor, principalmente o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), na atmosfera. (BROWN, 2003, p.42).

O autor ainda considera que “o degelo é uma das manifestações mais visíveis do aquecimento global.” (BROWN, 2003, p.45 ).

Segundo Lomborg (2002), em “*O Ambientalista Cético*”, há muitas críticas a serem feitas às teses de Lester Brown, as quais, segundo sua opinião, não passa de uma ladainha sustentada, em um primeiro momento, pelo livro *The State of the World*, daquele autor, que é publicado anualmente desde 1984 (LOMBORG, 2002). Para tanto, Lomborg escolheu áreas específicas para contestar as teses de Brown, justificando que os modelos utilizados por este autor têm uma influência decisiva sobre os estudos que tratam do

desenvolvimento humano e que suas teses são frequentemente mencionadas na discussão sobre o estado do mundo, quer se trate a discussão sobre o número de pessoas na Terra, sobre a poluição atmosférica, sobre o aquecimento global ou ainda sobre os perigos de substâncias químicas, como as pesticidas.

Segundo Lomborg (2002):

[...] a energia e os recursos naturais não estão se esgotando, que haverá cada vez mais alimentos por pessoa na população mundial, que o aquecimento global, embora suas dimensões e projeções sejam irrealisticamente pessimistas, está de fato acontecendo, mas a cura típica das reduções precoces e radicais de combustíveis fósseis é muito maior do que a aflição original e, além disso, seu impacto total não será um problema devastador para o nosso futuro. (LOMBORG, 2002, p.35).

Recentemente, LOMBORG (2010) começou a repensar suas teorias sobre aquecimento global e propõe a criação de uma taxa global de carbono, cuja finalidade seria a obtenção de cerca de 250 bilhões de dólares por ano, para investimento no combate ao aumento da temperatura da terra e o consequente aumento do nível do mar. Este montante de recursos seria dividido em quatro frentes: 100 (cem) bilhões para pesquisas voltadas para a energia limpa; 1 (um) bilhão para as soluções de baixo custo em geo-engenharia; 50 (cinquenta) bilhões para adaptações aos efeitos climáticos; e todo o restante para o desenvolvimento de programas para tratamento da água potável e áreas de saúde em países pobres..

### **2.3.3.Emissões de Poluentes**

As emissões de poluentes medem a poluição sob a forma de efluentes líquidos, resíduos gasosos ou resíduos sólidos, ou seja, mede o potencial de degradação ambiental causado pela descarga de emissões poluentes no meio receptor, com características tóxicas e ecotóxicas. Estas descargas poderão originar diversos impactos ambientais conhecidos e nomeados como contaminação de solos, eutrofização, chuvas ácidas, degradação de *habitat* e efeitos prejudiciais sobre a fauna, flora e saúde humana.

O potencial de degradação ambiental causada pelos efluentes líquidos é calculado em função do parâmetro que mede os sólidos suspensos totais. O fator de equivalência de cada parâmetro será determinado de acordo com os Valores Limite de Emissão (VLE) na descarga de águas residuais, constante na Portaria do Ministério da Saúde N°. 2.914, de 2011 (MS, 2011).

O potencial de degradação ambiental causado pelos resíduos sólidos é estimado em função do seu grau de periculosidade e respectivo destino final (aterro sanitário, valorização energética, valorização orgânica e reciclagem), correspondendo à quantidade de resíduos efetivamente produzidos. De forma semelhante aos efluentes líquidos, o potencial de degradação ambiental causado pelos resíduos gasosos é expresso em função das partículas suspensas totais no ar, de acordo com os Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (CONAMA, 1990).

#### **2.3.4. Consumo de Materiais**

O consumo de materiais é uma medida indireta para a avaliação da degradação de recursos naturais, visto que determina a quantidade de materiais consumidos em uma determinada atividade ou no ciclo de vida de um dado produto. As perdas de biodiversidade, a erosão e os impactos associados ao transporte de materiais são exemplos desse tipo de degradação, que, para ser avaliada, requer a análise dos materiais consumidos e o grau de sua renovabilidade.

#### **2.3.5. Energia Elétrica**

A energia elétrica foi a modalidade mais consumida no país em 2007, considerando que os derivados de petróleo são desmembrados em óleo diesel, gasolina e gás liquefeito de petróleo (GLP). De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2008), o consumo de energia é um dos principais indicadores do desenvolvimento econômico e do nível de qualidade de vida de qualquer sociedade. Ele reflete tanto o ritmo de atividade dos setores industrial, comercial e de serviços, quanto a capacidade da população para adquirir bens e serviços tecnologicamente mais avançados, como automóveis (que demandam combustíveis), eletrodomésticos e eletroeletrônicos (que exigem acesso à rede elétrica e pressionam o consumo de energia elétrica).

Além do desenvolvimento econômico, outra variável que determina o consumo de energia é o crescimento da população – indicador obtido tanto pela comparação entre as taxas de natalidade e mortalidade quanto pela medição de fluxos migratórios.

No Brasil, entre 2000 e 2005, essa taxa teve uma tendência de queda relativa, registrando variação média anual de 1,46%, segundo relata o estudo Análise

Quadro 3. Estrutura inicial do Programa Ecoeficiência com Foco no PDCA

PDCA	Elemento	Descrição
<b>Plan</b>	<b>Política Ambiental</b>	Este elemento central na gestão ambiental foi definido sobre três princípios: 1) <i>Respeito a legislação, normas e demais requisitos legais;</i> 2) <i>Contribuir para o desenvolvimento sustentável: prevenção da poluição;</i> 3) <i>Atuar como agente de desenvolvimento e disseminação de práticas e posturas ambientalmente responsáveis.</i>
<b>Do</b>	<b>Estrutura e Responsabilidades</b>	Coordenação do Programa, responsável pela definição das diretrizes corporativas de trabalho. Representantes do Programa: cada Unidade indicou um colaborador como representante do Programa: responsável pela interlocução
	<b>Documentação</b>	Manual de ecoeficiência: Apresenta procedimentos corporativos e dicas ambientais para a melhor conduta da Unidade no desenvolvimento da gestão ambiental. Procedimentos corporativos: Coleta seletiva, coleta e destinação de lâmpadas fluorescentes e monitoramento de indicadores.
	<b>Conscientização e Treinamento</b>	Educação corporativa: Workshops de educação ambiental, coleta seletiva e uso racional de água e energia; Treinamentos locais: definidos pelas Unidades
<b>Check</b>	<b>Monitoramento</b>	Definição de indicadores ambientais: consumo de papéis, copos descartáveis, água, energia elétrica e geração de lâmpadas fluorescentes queimadas. A avaliação desses indicadores é fundamental para subsidiar a tomada de decisão.
<b>Act</b>	<b>Análise crítica</b>	Responsabilidade da coordenação do Programa em realizar a análise crítica e promover ações de melhoria para a gestão ambiental corporativa.

Fonte: Feres e Antunes (2007).

No Quadro 3, pode-se explicar o PDCA da seguinte forma:

- i. Planejar (*PLAN*) – envolve o estabelecimento dos objetivos e processos necessários para atingir os resultados, de acordo com a política ambiental da organização;
- ii. Executar (*DO*) – envolve a implantação dos processos;
- iii. Verificar (*CHECK*) – envolve o monitoramento e a medição dos processos em conformidade com a política ambiental, os objetivos, as metas, os requisitos legais e outros, bem como relatar os resultados; e
- iv. Agir (*ACTION*) – envolve a execução de ações para melhorar continuamente o desempenho do sistema da gestão ambiental.

A Avaliação de Desempenho Ambiental - ADA é um processo definido pela gerência das organizações segundo critérios de PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) e em indicadores de desempenho ambiental. Trata-se de um método de aplicação voluntária, não direcionado à certificação, cujo objetivo é melhorar continuamente o desempenho ambiental da organização com relação ao meio ambiente e às pessoas (ZAMBRANO *et al.* 2004).

As ações que aparecem incorporadas a um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), para as IES, podem ser resumidas da seguinte forma (TAUCHEN e BRANDLI, 2006):

- i. Assessoria ambiental, para a realização de levantamento de aspectos e impactos ambientais e elaboração do SGA;
- ii. Gestão de recursos, com vistas ao gerenciamento da energia, da água, e da qualidade e conforto térmico;
- iii. Gestão de resíduos, com vistas à prevenção da poluição;
- iv. Construção sustentável, baseada em plano diretor previamente definido para todas as construções a serem edificadas;
- v. Aquisição de bens e serviços a partir de critérios de sustentabilidade ambiental;
- vi. Educação integrada a aspectos ambientais, a partir de ações como a sensibilização ambiental (com campanhas e eventos educativos), a estruturação de currículos que contemplem aspectos ambientais de forma transversal em disciplinas, projetos de investigação, projetos de extensão e atividades complementares;
- vii. Declarações e relatórios ambientais, para posterior revisão do SGA;
- viii. Investimentos nos aspectos paisagísticos, com a recuperação da mata ciliar, a criação de biblioteca natural e espaços verdes;
- ix. Sistema de captação de águas pluviais e utilização nas bacias sanitárias, mictórios e jardins.

Com a apresentação de um modelo de desenvolvimento sustentável para as Universidades, espera-se justificar que existem motivos claros e bem definidos para a realização de importantes investimentos nas IES, desde o estabelecimento de diretrizes e modelos ou guias de atuação até a definição de práticas de sustentabilidade para implantação de um SGA institucional.

## 2.5.GESTÃO AMBIENTAL E CATEGORIAS DE INDICADORES

O desempenho ambiental de uma IES não pode ser quantificado de forma absoluta, tendo em vista a diversificada relação que existe entre as atividades desenvolvidas e o meio ambiente. O meio ambiente é a fonte de matéria-prima, energia, água e outros insumos, além de ser o depositário dos resíduos e o *locus* em que ocorrem os impactos, positivos ou negativos.

A integração dos princípios da sustentabilidade, por meio de procedimentos de conservação e controle, aos critérios de desempenho de uma organização, foi impulsionada a partir da metade da década de 1990, com a divulgação das primeiras normas da série ISO 14000. Esta série ISO está voltada para a organização e para o produto, como apresentada na Figura 3.

Figura 3. Estrutura da Gestão Ambiental



Fonte: ABNT NBR ISO 14.001(2004).

A Figura 3 demonstra que a gestão ambiental apresenta normas voltadas para a organização e para o produto, conforme se pode observar:

- i.Sistema de Gestão Ambiental – Foco na Organização (ISO 14001 e 14004);
- ii.Auditoria Ambiental - Foco na Organização (ISO 14010, 14011, 14012);
- iii.Rotulagem Ambiental - Foco no Produto (ISO 14020, 14021, 1424);
- iv.Avaliação do Desempenho Ambiental - Foco na Organização (ISO 14031);
- v.Análise do ciclo de vida - Foco no Produto (ISO 14040, ISO 14041 e 14050).

A gestão ambiental é a forma pela qual a organização se mobiliza, interna e externamente, para a conquista da qualidade ambiental desejada. Ela consiste em um conjunto de medidas que visam ter controle sobre o impacto ambiental de uma atividade.

A Figura 3 apresenta, também, que a gestão ambiental inclui a medição, a reflexão, o planejamento e a execução das atividades em uma organização (ABNT NBR ISO 14.001, 2004).

A referência conceitual adequada à seleção de indicadores de desempenho ambiental, proposta pela Norma ABNT NBR ISO 14031, trata especificamente das diretrizes para a avaliação de desempenho ambiental e da adoção de indicadores de desempenho ambiental, e apresenta duas categorias gerais de indicadores a serem considerados na condução da Avaliação de Desempenho Ambiental, conforme demonstrado no Quadro 4:

- i) Indicador de Desempenho Ambiental (IDA<sup>8</sup>)
- ii) Indicador de Condição Ambiental (ICA)

Quadro 4. Categorias de Indicadores- Avaliação do Desempenho Ambiental

<b>Categoria</b>	<b>Tipo</b>	<b>Aspecto</b>
<b>Indicador de Desempenho Ambiental (IDA)</b>	Indicador de Desempenho Operacional (IDO)	<i>Consumo de Energia</i>
		<i>Consumo de Matéria-Prima</i>
	Indicador de Desempenho de Gestão (IDG)	<i>Consumo de Materiais</i>
		<i>Gestão de Resíduos Sólidos</i>
<b>Indicador de Condição Ambiental (ICA)</b>	Índice de Qualidade da Água Índice de Qualidade do Ar	

Fonte: ABNT NBR ISO 14.031(2004).

No Quadro 4, os indicadores de condição ambiental<sup>9</sup> fornecem informações sobre a qualidade do meio ambiente onde se localiza a organização, sob a forma de resultados das medições efetuadas de acordo com os padrões e regras ambientais estabelecidos pelas normas e dispositivos legais. Como exemplo, pode-se citar: concentração de um

<sup>8</sup>Expressão específica que fornece informações sobre o desempenho ambiental de uma organização(ABNT NBR ISO 14.031, 2004 e ABNT NBR ISO 14.001, 2004).

<sup>9</sup>Expressão específica que fornece informações sobre as condições locais, regionais, nacionais ou globais do meio ambiente(ABNT NBR ISO 14.031, 2004 e ABNT NBR ISO 14.001, 2004).

contaminante específico no ar, concentração de poluentes na água (superficial ou subterrânea), oxigênio dissolvido, concentração de contaminantes no solo.

Por outro lado, os Indicadores de Desempenho Ambiental são classificados em dois tipos:

- i. Indicadores de Desempenho de Gestão (IDG<sup>10</sup>) – Estes indicadores fornecem informações relativas a todos os esforços de gestão da organização que influenciam positivamente no seu desempenho ambiental. Por exemplo, reduzindo o consumo de materiais e ou melhorando a administração de seus resíduos sólidos, mantendo os mesmos valores de produção;
- ii. Indicadores de Desempenho Operacional (IDO<sup>11</sup>) – Estes indicadores proporcionam informações relacionadas às operações do processo produtivo da organização, com reflexos no seu desempenho ambiental, tais como o consumo de água, energia ou matéria-prima.

Os indicadores podem se transformar em uma importante ferramenta para tornar acessível a informação científica e técnica. A função dos indicadores é resumir uma grande quantidade de dados, tornando possível a avaliação da gestão. Os índices são parâmetros que medem cada indicador, atribuindo-lhe valores numéricos, podendo ser ainda resultados da combinação de inúmeras variáveis ou parâmetros, em um só valor, que assume um peso relativo a cada componente do índice (DEUS *et al*, 2004).

Os indicadores de desempenho operacional relacionam:

- i. A entrada de materiais (processados, reciclados, reusados, ou matérias primas), tais como recursos naturais, energia e serviços, e ordena a sua entrada em operação na organização;
- ii. O projeto, a instalação, a operação (inclusive eventos de emergência e operação de pouca frequência), e a manutenção das instalações físicas e dos equipamentos da organização;
- iii. A produção de produtos (produto principal, subproduto, reciclado e material reusado), os desperdícios (sólidos, líquidos perigosos e não perigosos,

---

<sup>10</sup>Indicador de Desempenho Ambiental que fornece informações sobre os esforços gerenciais para influenciar o desempenho ambiental de uma organização (ABNT NBR ISO 14.031, 2004 e ABNT NBR ISO 14.001, 2004).

<sup>11</sup>Indicador de Desempenho Ambiental que fornece informações sobre o desempenho ambiental das operações de uma organização (ABNT NBR ISO 14.031, 2004 e ABNT NBR ISO 14.001, 2004).

recicláveis, reutilizáveis), e as emissões (atmosféricas, efluentes para corpos d'água e solos, ruídos, vibrações térmicas, radiações e luz), como resultado das operações da organização;

- iv. O total da produção, que são os resultados das operações da organização.

Os indicadores de desempenho operacional são estabelecidos de forma a permitirem uma adequada mensuração dos níveis de desempenho em relação aos parâmetros adotados (REIS, 1996). Os indicadores de condições ambientais, segundo KUHRE (1998), são geralmente desenvolvidos e aplicados por agências governamentais, não governamentais, científicas e institutos de pesquisas. Nesta proposta de tese, os indicadores ambientais serão usados para analisar a situação atual da IES, em termos ambientais, visando o planejamento de sua gestão.

Com a propositura de indicadores, será possível organizar os dados ambientais com vistas a facilitar a Gestão Ambiental da instituição. Por outro lado, os índices quantificarão cada indicador, visando à atribuição de um valor numérico.

Além de publicação de trabalho como o de SEPALA (1999), existem vários Centros e Organizações com abordagens referentes aos indicadores e avaliação ambiental. Os principais Centros e Organizações estão listados abaixo, os quais propõem indicadores nas áreas: ambiental, energética, material e emissão de poluentes (ONU, 2012; CNTL, 2001; GRI, 2012; ABNT NBR ISO 14.030, 2004 e SETTE, 2010).

- i. Organização das Nações Unidas – ONU;
- ii. Centro Nacional de Tecnologia – CNTL;
- iii. Global Reporting Initiative – GRI;
- iv. Organization Standard International – ISO.

## **2.6. MODELOS DE INDICADORES AMBIENTAIS**

A seguir estão apresentados índices e indicadores que avaliam o desempenho ambiental de determinada organização (indústrias, hospitais e redes de supermercados) e que serão adaptadas para IES, com base na ABNT NBR ISO 14.001 e 14.031. Segundo o documento ABNT NBR ISO 14.031 (2004), as organizações também podem identificar uma relação entre as suas atividades e alguns componentes do meio ambiente, podendo com isso desenvolver os seus próprios indicadores de condições ambientais, a guisa de

ajuda para a avaliação do seu próprio desempenho ambiental, como apropriado para as suas capacidades, interesses e necessidades.

A seguir são apresentados índices e modelos com indicadores ambientais, que têm sido desenvolvidos e aplicados em organizações industriais.

### 2.6.1. Índice Global

Segundo Cunha (2001), a composição de um índice de desempenho ambiental pode ser realizada adotando-se um índice global. Para compor o índice global do desempenho ambiental de determinada organização industrial (no caso, uma indústria de alumínio), faz-se um levantamento para detectar o grau de importância dos indicadores ambientais criados para avaliar a atividade. No modelo usado, Cunha (2001) usou 03 indicadores: água, energia e resíduos. Neste modelo, o autor propôs os seguintes percentuais de importância:

- i. Para o consumo de água e de energia elétrica, o peso adotado foi de 25% para cada indicador;
- ii. Para os resíduos reciclados, foi adotado peso igual a 30%, e para o total dos resíduos compostos pelas classes I (resíduos perigosos), IIA (Resíduo não inerte) e IIB (Resíduo inerte) o peso adotado foi igual a 20%. Entre o total de resíduos, os da classe I participam com um peso de 40% e para os da classe IIA e IIB a participação é de 30% para cada classe.

Como o indicador de resíduo reciclado, em princípio, é um fator positivo em relação aos demais, quanto maior o índice, melhor será o desempenho ambiental. Por isso, para o cálculo do índice global, o seu valor deve ser invertido. Para transformar os indicadores de mesma unidade em indicadores adimensionais, o autor dividiu o maior valor da mesma unidade, conforme Equação 1 (CUNHA,2001).

$$IG = \frac{I}{I_M} \times P \quad (1)$$

Onde:

IG – Índice Global

I – Indicador

I<sub>M</sub> – Indicador de maior valor

P – Peso dos indicadores

Cunha (2001) estabeleceu, portanto, indicadores de eficiência ambiental para o processamento de alumínio. Os melhores indicadores para medir o seu desempenho

ambiental, foram os indicadores do sistema operacional para os resíduos gerados e reciclados, além do consumo de energia e de água. No trabalho, após a coleta dos dados referentes aos aspectos ambientais do processo produtivo, foi possível obter o índice global para os resíduos, água e energia.

### **2.6.2. Indicador de Salubridade Ambiental (ISA)**

O Indicador de Salubridade Ambiental (ISA) foi desenvolvido pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente – CONESAM, em São Paulo, no ano de 1999.

O indicador abrange os serviços de abastecimento de água, esgotos sanitários e limpeza pública, controle de vetores, situação dos mananciais e condições socioeconômicas (PIZA e GREGORI, 1999).

O ISA é calculado pela média ponderada dos indicadores específicos, através da Equação 2.

$$ISA = 0,25I_{ab} + 0,25I_{es} + 0,25I_{rs} + 0,10I_{cv} + 0,10I_{rh} + 0,05I_{se} \quad (2)$$

Onde:

$I_{ab}$  – Indicador de Abastecimento de Água;

$I_{es}$  – Indicador de Esgotos Sanitários;

$I_{rs}$  – Indicador de Resíduos Sólidos;

$I_{cv}$  – Indicador de Controle de Vetores;

$I_{rh}$  – Indicador de Recursos Hídricos;

$I_{se}$  – Indicador Sócio-Econômico.

Cada subindicador de primeira (1ª) ordem é calculado através da análise de outros subindicadores que podem ser chamados de subindicadores de segunda (2ª) ordem. A presente tese tomou como base o ISA, no tocante aos pesos de cada indicador, tais como  $I_{ab}$ ,  $I_{rs}$  e  $I_{es}$ .

No Quadro 5 estão dispostos os subindicadores de 2ª ordem e suas finalidades dentro do cálculo do ISA.

Quadro 5. Indicadores e sub-indicadores

Nº	Indicadores	Sub-Indicadores	Observações
I	IAB- Indicador de Abast.de Água	ICA- Indicador de Cobertura de Abastecimento	Visa quantificar os domicílios atendidos por sistemas de abastecimento de água com controle sanitário
		IQA- Indicador de Qualidade da água Distribuída	Visa monitorar a qualidade da água fornecida
		ISA- Indicador de Saturação do Sistema produtor	Compara oferta e demanda para programar novos sistemas e/ou ações que reduzam as perdas
II	IES- Indicador de Esgotos Sanitários	ICE- Indicador - Coleta de Esgoto	Quantificar os domicílios com redes de esgotos e/ou tanques sépticos
		ITE- Indicador de Esgotos Tratados e Tanque Sépticos	Quantificar e qualificar os domicílios atendidos por redes de esgotos e/ou tanques sépticos
		ISE- Indicador de Saturação do Tratamento de Esgotos	Compara oferta e demanda das instalações existentes e programar novas instalações ou ampliações
III	IRS- Indicador de Resíduos Sólidos	ICR- Indicador de Coleta de Lixo	Quantificar os domicílios atendidos por coleta de lixo
		IQR- Ind. de Trat. e Dis. de RS	Qualificar a situação da disposição final dos resíduos
		ISR- Indicador de Saturação do Trat. e Disp. dos Resíduos Sólidos	Indicar a necessidade de novas instalações
IV	ICV- Indicador de Controle de Vetores	IVD- Indicador de Dengue	Identificar a necessidade de programas preventivos
		IVE- Indicador de Esquistossomose	Identificar a necessidade de programas preventivos
		IVL- Ind. de Leptospirose	Identificar a necessidade de programas preventivos de redução e eliminação de resíduos
V	IRH- Indicador de Riscos de Recursos Hídricos	IQB- Indicador de Qualidade da Água Bruta	Monitoramento da qualidade da água
		IDM- Disponibilidade/Manancial	Mensurar a disponibilidade dos mananciais para abastecimento em relação à demanda
		IFI- Indicador de Fontes Isoladas	Analisar o abast. de água como bicas, fontes, poços.
VI	ISE- Indicador Sócio Econômico	ISP- Indicador de Saúde Pública	Avaliar os serviços de saneamento
		IED- Indicador de Educação	Indicar a capacidade de pagamento da pop. pelos serviços e a capacidade de investimento

Fonte: PIZA e GREGORI (1999).

### 2.6.3. Indicadores e Índices para Avaliação de Impactos

Na pesquisa foi adotada a recomendação da ABNT NBR ISO 14.031(2004) para a propositura de indicadores para a avaliação de IES.

Geralmente, pode-se fazer a classificação dos fatores de impactos, para avaliação do desempenho ambiental com indicadores em duas categorias:

- i. Problemas Ambientais;
- ii. Meios Receptores.

Com relação aos *problemas ambientais*, destaca-se a geração de resíduos sólidos e os resíduos líquidos (efluentes) tais como: nitrogênio total, metais pesados, demanda química de oxigênio. Os problemas ambientais referem-se às consequências decorrentes dos aspectos ambientais (emissão de poluentes, consumos de recursos naturais e uso de energia em IES).

Já em relação aos *meios receptores*, os fatores de impactos são classificados em função do meio físico em que eles são rejeitados, tais como a poluição do ar, do solo e da água. Como exemplo pode-se citar a coleta de lixo, sua produção *per capita*, seu acondicionamento e a existência ou não da coleta seletiva.

#### 2.6.3.1. Volume Crítico

Com relação aos meios receptores, destaca-se o volume crítico do solo, do ar e da água. Este procedimento é de origem Suíça e se apóia sobre os valores regulamentares de concentração de rejeitos no ar, no solo e na água. Atribui-se a cada fator de impacto regulamentado (cloro, chumbo, compostos orgânicos, e demais contaminantes) a quantidade de água, de solo ou de ar que seria necessária para "diluir" e atingir o índice limite de concentração limite (SOARES, 2006).

Se um determinado contaminante é rejeitado em um corpo receptor na quantidade de 30 mg e se o valor limite da norma for 60 mg.L<sup>-1</sup> para este contaminante, o volume crítico será 0,5 L, ou seja, o resultado(0,5 L) representa a quantidade de água que seria necessária para "diluir" e atingir o limite de concentração recomendado na norma.

A Equação 3 apresenta a forma de calcular o volume crítico.

$$VolumeCrítico = \frac{Concentração_{rejeito}}{Concentração_{Norma}} \quad (3)$$

O volume crítico (Equação 3) é um artifício matemático que permite, simplesmente, a comparação entre os impactos dos diferentes materiais na água, no solo e no ar.

Os indicadores relativos aos meios receptores e problemas ambientais podem ser usados para avaliar uma IES, em que se pode usar, para quantificar os lançamentos de efluentes, a produção de resíduos e a emissão de gases.

### 2.6.3.2. Quantidade de Materiais: Papel

Os materiais gastos pelas IES, que representam um impacto significativo no ambiente são o papel higiênico e o papel tipo A<sub>4</sub> (usado para exercício escolar e fotocópia). Madeira (2008) desenvolveu os seguintes indicadores relacionados com estes materiais:

- *Massa de papel*: A quantidade (peso em massa) de papel comprado anualmente por membro da comunidade acadêmica. Este material medirá a quantidade de papel que cada membro da comunidade acadêmica usará anualmente. É estimado a partir do quociente entre a quantidade de papel comprado e o número total de membros da comunidade acadêmica.

$$MassadePapel = \left( \frac{Massa\ de\ Papel}{Quantidade\ de\ aluno + Quantidade\ de\ funcionário} \right) \quad (4)$$

- *Massa Percentual de Papel*: A percentagem (em massa) de papel comprado anualmente, que é a massa de papel relacionada às preocupações ambientais da IES quanto ao desperdício de papel. A razão percentual entre a massa de papel reciclado e a massa total de papel usado anualmente permite estimar a percentagem em massa.

$$MassadePapel(\%) = \left( \frac{MassadePapelReciclado}{MassadePapelUsado} \right) \times 100 \quad (5)$$

### 2.6.3.3. Quantidade de Energia

O indicador de energia tem como objetivo avaliar a sustentabilidade da IES, no que se refere ao consumo de energia. A energia consumida anualmente, por tipo, permite saber a quantidade e tipo de energia consumida (Global Reporting Initiative - GRI, 2006).

Com relação a este item, constata-se que os combustíveis fósseis e nucleares representam 84% da matriz energética mundial. Deste total, 6% representam a energia nuclear e os demais 78% estão divididos entre o petróleo (33%), o carvão mineral (27%) e o gás natural (18%). Nos países desenvolvidos, o consumo de energia *per capita* supera em mais de 80 vezes o da África (WCED, 1987; FONSECA, 1999).

Existem vários modelos para determinar o índice do consumo de energia, havendo modelos que consideram a produção energética somente de recursos não renováveis (SEPPALÃ, 1999) e modelos que consideram a redução dos recursos bióticos e abióticos (GUINÉE, 1998).

No Brasil, cerca de 40% da energia consumida é de origem de fontes não-renováveis, sendo, portanto, ideal que se analise o consumo de energia de todas as fontes. Neste contexto, o índice de consumo de energia (ICE) pode ser calculado levando-se em consideração o consumo energético (C); o consumo nacional de energia (N) e a produção mundial de energia (P), conforme Equação 6.

$$ICE = \frac{C \times N}{P^2} \quad (6)$$

Madeira (2008), trilhando outra vertente, desenvolveu modelo para calcular o consumo de energia em termos percentuais. O índice tem como objetivo avaliar a sustentabilidade da IES no que se diz respeito ao consumo de energia e ao esforço em adotar fontes de energia renováveis. A Equação 7 apresenta o índice de energia consumida por tipo.

$$ICE_{tipo} = \frac{\text{Energia Consumida por Tipo}}{\text{Energia total consumida anualmente}} \quad (7)$$

Onde:

IEC – Índice de Energia Consumida por Tipo

### 2.6.3.4. Quantidade de Água

A disponibilidade de água está estimada levando em consideração o crescimento populacional e o crescimento do consumo de água por esta população (SHIKLOMANOV, 2003). Buscando subsídios necessários para verificar o desempenho ambiental da IES é necessário fazer primeiro um estudo da área a ser trabalhada, identificando: o uso e consumo da água. Segundo a AGENDA 21 (1996), os recursos de água doce constituem um componente essencial da hidrosfera da terra e parte indispensável de todos os ecossistemas terrestres e em todos os aspectos da vida.

As IES devem promover a conservação da água, por meio de planos melhores e mais eficientes de aproveitamento da água e de minimização do desperdício para todos os usuários, incluindo o desenvolvimento de mecanismos para economia da água. A Tabela 2 apresenta estimativas de consumo apresentadas em Barth (1991) e a disponibilidade de água no Brasil, bem como a relação entre ambas, que determina o balanço hídrico.

Tabela 2. Estimativa de consumo de água

Região	Disponibilidade (1) - $m^3 \cdot s^{-1}$	Consumo						Balanço (%) - 2/1	
		Urbano		Industrial		Irrigação			Total
		$m^3 \cdot s^{-1}$	(%)*	$m^3 \cdot s^{-1}$	(%)*	$m^3 \cdot s^{-1}$	(%)*		$m^3 \cdot s^{-1}$ (2)
N	121.847	9,30	58,13	4,00	25,00	2,70	16,88	16,00	0,01
NE	5.900	42,90	17,32	31,60	12,76	173,20	69,92	247,70	4,20
CO	27.842	16,10	34,62	5,80	12,47	24,60	52,90	46,50	0,17
SE	10.589	144,70	29,26	148,30	29,98	201,60	40,76	494,60	4,67
S	11.578	41,00	11,93	25,40	7,21	284,80	80,86	352,20	3,04
Brasil	177.757	255,10	22,05	215,00	18,58	686,90	59,37	1.157,00	0,65

Legenda: \*Porcentagem sobre o total do consumo da região  
Fonte: Adaptado de Barth (1991).

Com os dados da Tabela 2, verificou-se que existe um balanço bastante favorável no país, que atinge o índice de 0,65. Em termos regionais, as diferenças são significativas. Enquanto na Região Norte este balanço é de 0,01, nas regiões mais desenvolvidas e populosas, o balanço é de 5 a 8 vezes maior que a média nacional. Tal cenário é propício para conflitos de usos localizados em bacias nas quais há grandes

concentrações de atividades econômicas e de população, como é o caso das regiões metropolitanas de São Paulo e Rio de Janeiro. O balanço favorável da Região Centro Oeste é superavaliada considerando a fragilidade hidrológica do Pantanal.

Os dados da Tabela 2 indicam também que quase 60% do consumo de água no país são destinados à irrigação. Nas Regiões Nordeste, Sudeste e Sul, onde o balanço hídrico é mais desfavorável, este percentual é, respectivamente, de 69,9, de 40,8 e de 80,9. Os percentuais nestas regiões para os outros usos da água se equivalem. Isto confirma a potencialidade da irrigação de gerar conflitos em diversas bacias em que é maior a concentração do uso da água.

O indicador água pode ser calculado em função do percentual de volume total de água consumida (Equação 8) e volume total de água consumida anualmente por membro da comunidade (Equação 9).

$$\%V_{H_2O} = \frac{\text{Volume de Água Consumida (rede)}}{\text{Volume Total de Água Consumida (ano)}} \times 100 \quad (8)$$

$$VT_{H_2O} = \frac{\text{Volume Total de Água} \left( \frac{\text{consumo}}{\text{ano}} \right)}{\text{Número Total de Funcionários + Alunos por período}} \times 100 \quad (9)$$

## 2.7. CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Com relação à proposta de indicadores para avaliar as IES, vale destacar que os indicadores propostos de desempenho ambiental estão dentro do contexto da ISO 14.031, uma vez que avaliam os aspectos relacionados com o consumo de energia, a matéria-prima, o consumo de materiais, a gestão de resíduos sólidos, a qualidade da água e do ar.

Não existe modelo específico, que contenha indicadores/índices para avaliar o desempenho ambiental de IES no Brasil, mas os índices e indicadores já existentes podem ser adaptados para avaliar esse desempenho, conforme as categorias de desempenho (IDO e IDG) e de condição ambiental.

A presente pesquisa propõe o desenvolvimento de indicadores ambientais com índice ambiental para avaliação da IES, usando como ferramenta operacional a Universidade Federal de Campina Grande.

Esta pesquisa se insere na busca de meios de viabilização de indicadores ambientais, usando, para isso, os preceitos da ISO 14.001 e 14.031, tendo em vista que os indicadores permitem observar e acompanhar a situação do *campus* sede da Instituição, o impacto positivo e ou negativo das atividades desenvolvidas, bem como as consequências delas advindas.

Os indicadores ambientais podem ser uma alternativa viável para implantar um sistema de gestão ambiental, com foco na ISO 14.001 e 14.031. As ações de gestão ambiental em âmbito universitário encontradas no mundo e no Brasil constituem, na maioria das vezes, práticas isoladas. Esta situação revela a preocupação crescente de adaptação das universidades em busca de um desenvolvimento sustentável, sob o ponto de vista das práticas de funcionamento ambientalmente corretas.

Apesar de existirem variados tipos de indicadores para aferir situações das mais diferentes atividades da sociedade, os indicadores ambientais são o foco da presente pesquisa, destacando-se, entre eles: o uso de materiais, o consumo de energia e água, a geração de águas residuárias, a geração de resíduos não perigosos e resíduos perigosos, além dos aspectos referentes à qualidade do ar, todos relacionados com os problemas ambientais.

### 3. METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido no *campus* sede da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no Laboratório de Gestão Ambiental e Tratamento de Resíduos (LABGER), pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Química (UAEQ), localizada no Centro de Ciências e Tecnologia (CCT) e situada na Cidade de Campina Grande, no Estado da Paraíba, Brasil.

A pesquisa foi dividida em 04 (quatro) etapas:

**1ª Etapa** – Realização de revisão da literatura;

**2ª Etapa** – Formação do painel de especialista;

**3ª Etapa** – Caracterização e Quantificação do Campo de Estudo - UFCG;

**4ª Etapa** – Validação do modelo de avaliação do desempenho ambiental, bem como dos indicadores escolhidos.

#### 3.1. PRIMEIRA ETAPA: PESQUISA BIBLIOGRÁFICA SOBRE ADA, MODELOS DE AVALIAÇÃO E INDICADORES

Nesta etapa, foi realizada a fundamentação teórica que se baseou na revisão da literatura abordada no Capítulo 2: conceitos sobre indicadores ambientais e avaliação de impactos ambientais; indicadores para avaliação de impactos ambientais (consumo de água, energia, potencial de aquecimento global, emissão de poluentes e consumo de materiais).

As Normas ISO 14.001 e 14.031 foram estudadas, neste momento, bem como modelos de indicadores ambientais, tais como: índice global, indicador de salubridade ambiental; indicadores e índices para avaliação de impactos.

Estes temas foram contextualizados e agrupados, com vistas a transmitir uma visão global do tema abordado (OIUDSMA, 2011; DELGADO e VELEZ, 2012; Blewitt, 2001; TAUCHEN 2007; VERDE CAMPUS, 1997; RIBEIRO *et al.* 2005; ABNT NBR ISO 14.031, 2004; ABNT NBR ISO 14.001, 2004; TAUCHEN & BRANDLI, 2006; CONAMA, 1990; MS 2011; FERES e ANTUNES, 2007; DEUS *et al.* 2004; CUNHA, 2001; PIZA e GREGORI, 1999).

Foram analisados indicadores e índices ambientais para avaliação de impactos, destacando-se os seguintes: poluição líquida (efluentes) e resíduos sólidos; quantidade de Materiais – Papel; consumo de Energia e consumo de Água.

### **3.2.SEGUNDA ETAPA: FORMAÇÃO DO PAINEL DE ESPECIALISTA**

Para proposição e confirmação dos indicadores para avaliação de desempenho ambiental foi realizada pesquisa, a partir da aplicação de um questionário a um grupo de especialistas que realizam trabalhos na área de gestão ambiental. O objetivo foi verificar a adequação dos indicadores propostos em termos de importância em ser ou não ser essencial para avaliar IES.

O objetivo desta pesquisa foi verificar a adequação dos indicadores propostos, no que diz respeito a viabilidade de sua utilização para a avaliação de uma IES, sob o aspecto da gestão ambiental.

O painel de especialista foi formado por profissionais de áreas relacionadas à gestão ambiental para validar os indicadores do modelo de avaliação.

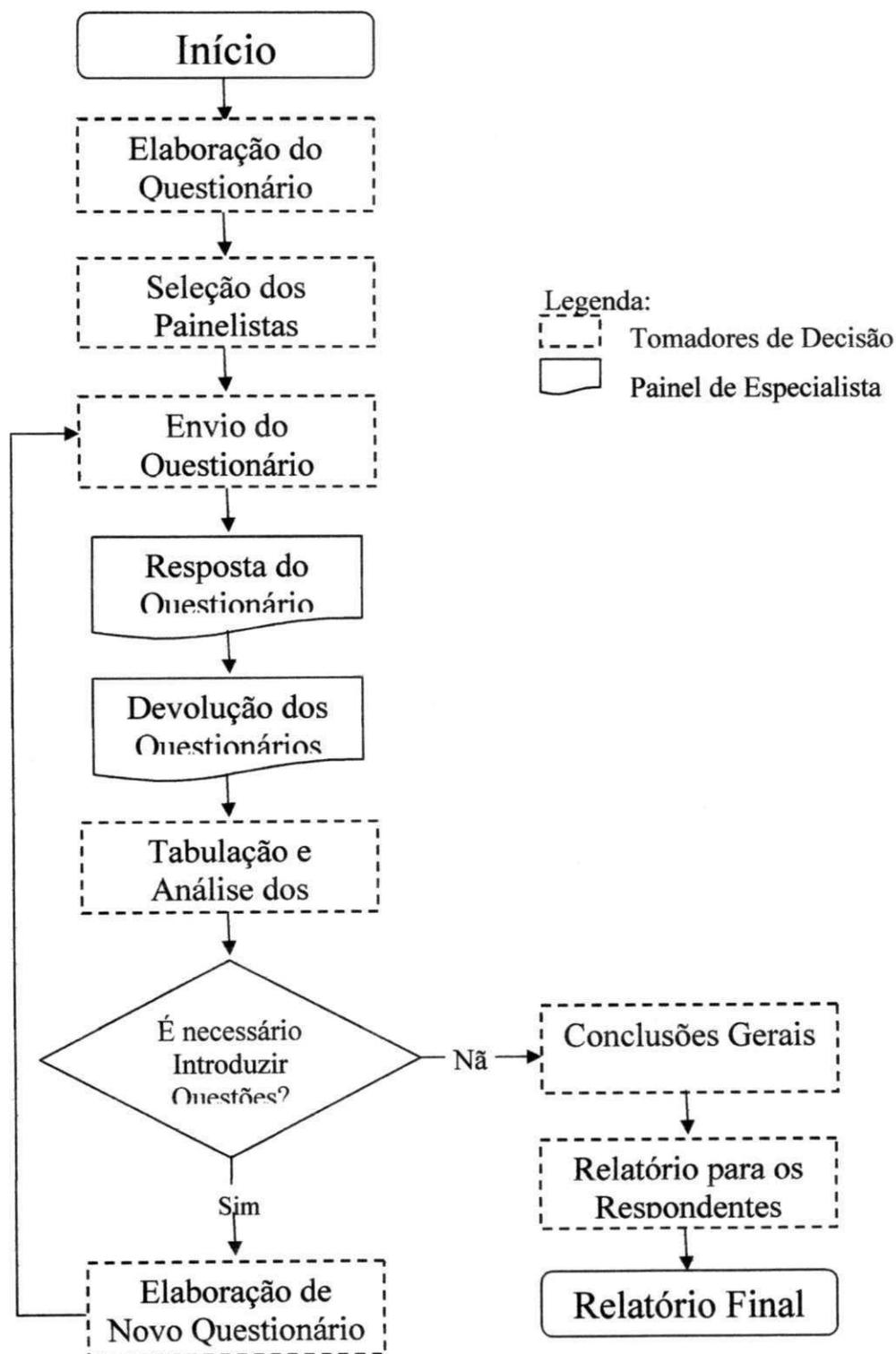
Para AEDO *et al.*,(1996), a formação do painel de especialista é de baixo custo e eficiente, já que um pequeno número de especialistas pode detectar problemas significantes desde que sejam selecionados com cautela para evitar “*bias*” (parcialidade).

LEVERIDGE (1986) recomenda que, para julgar a relevância dos indicadores, o grupo de especialistas tenha de três a seis membros e que sejam feitos tantos painéis quantos forem necessários para que todas as questões sejam respondida. Neste trabalho de pesquisa foram enviados 20 questionários e deste total foram respondidos e devolvidos 10 questionários pelos painelistas aos tomadores de decisão.

A escolha dos especialistas para comporem o Painel tem como premissa básica ser um estudioso do assunto, com trabalhos referenciados na bibliografia, orientadores de trabalhos acadêmicos, a exemplo de Dissertações de Mestrado e Teses de Doutorado, bem como gestores de organizações industriais e de serviços que lidam no seu cotidiano com avaliação, desempenho, auditoria e desempenho ambiental. Os especialistas são todos pós-graduados, com qualificação em nível de mestrado ou de doutorado, além de forte atuação nas áreas de conhecimento. No que se refere às áreas de atuação e linhas de atividades, foram selecionados especialistas, principalmente do meio acadêmico, representados por professores e pesquisadores de universidades públicas e privadas, além de profissionais atuantes na área de Gestão Ambiental.

A Figura 4 apresenta a sequência metodológica utilizada com o painel de especialistas.

Figura 4. Sequência Metodológica: Painel de Especialista



Fonte: Arquivo Pessoal(2013).

A metodologia empregada compreendeu a revisão da literatura especializada, bem como consultas a especialistas, utilizando-se, para tanto, a técnica Delphi, que consiste no estabelecimento de um processo de discussão entre um grupo de especialistas, visando chegar-se a um consenso confiável, por meio de troca de informações. A técnica do método Delphi prevê a formação de dois grupos distintos de indivíduos: os tomadores de decisão e os especialistas.

No Apêndice A, encontra-se o modelo de questionário que foi enviado ao Painel de Especialista, com a finalidade de que estes opinassem sobre quais os indicadores que consideram imprescindíveis para a avaliação de uma IES, no que se refere ao seu desempenho ambiental.

As respostas produzidas pelo painel de especialistas foram analisadas, usando-se como ferramenta o Soft Estatístico MINITAB 16.0, associado à utilização da análise do Gráfico de PARETO, que indica a ordem de importância e o peso dos indicadores. Em decorrência desta metodologia, foram realizadas a análise e o agrupamento das respostas (MURRY Jr. e HAMMONS, 1995; TOMMASI, 1994), indicando, no caso específico deste trabalho, que os tomadores de decisão são os pesquisadores responsáveis pela pesquisa: autor da tese e orientadores.

Sob o aspecto qualitativo, procurou-se ampliar, ao máximo, o perfil de atuação profissional dos participantes, tanto no que se refere à formação profissional quanto no que diz respeito à linha de atividade de cada um. Além disso, foi definida a área geográfica de atuação destes especialistas, com o objetivo de distribuir espacialmente a sua participação e assegurar que suas contribuições e experiências pudessem transmitir, também, uma visão regionalizada das questões abordadas. Associada às ponderações de caráter qualitativo, buscou-se, também, concatenar o aspecto quantitativo da composição do painel de especialista com o estabelecido nas premissas básicas de aplicação da técnica Delphi.

### **3.3. TERCEIRA ETAPA – CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO NO CAMPO DE ESTUDO: UFCG**

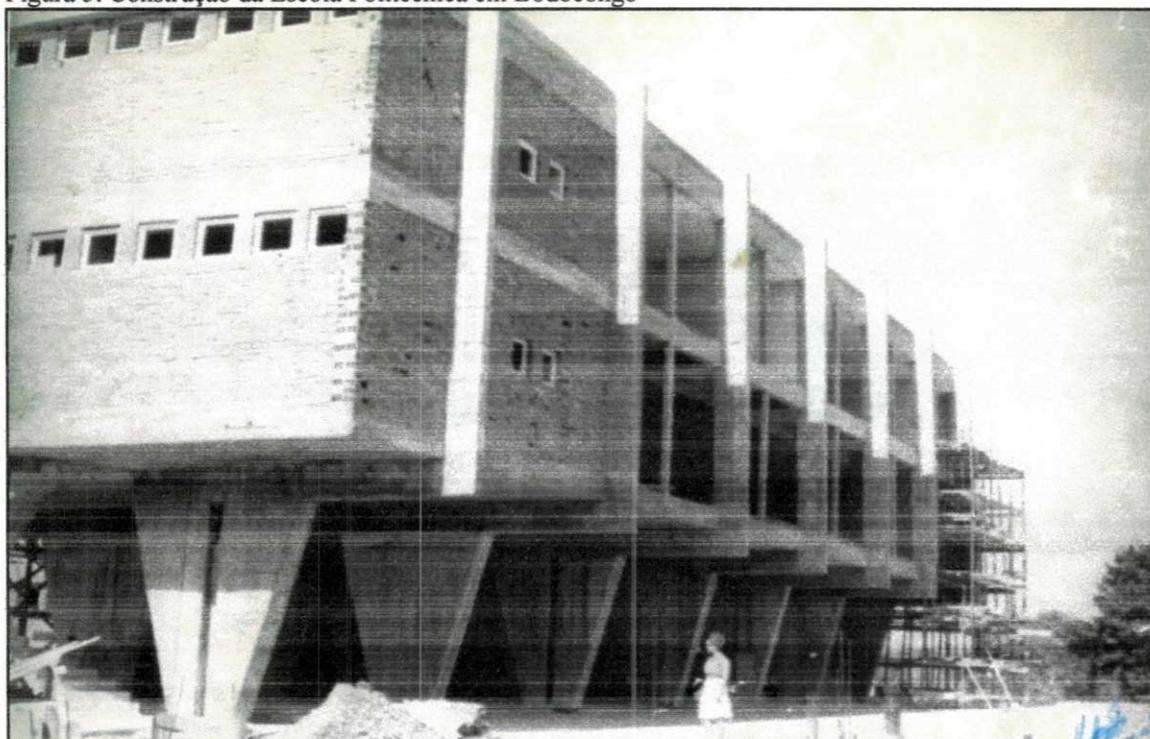
Para a validação do modelo de avaliação e dos indicadores foi realizado estudo no *campus* sede da UFCG (Campina Grande).

### 3.3.1. Caracterização e Aspectos Quantitativos do Campus Sede: UFCG

Em 6 de outubro de 1952, foi criada a Escola Politécnica, primeira escola de ensino superior do interior do Nordeste. Sua criação se deu por meio da Lei N°. 792, publicada durante o governo de José Américo de Almeida. A princípio foi instalada no Colégio Estadual da Prata, passando, em 1957, a funcionar no prédio do Colégio Solon de Lucena. Somente em 1961 transferida para o bairro de Bodocongó. Em 1962, ao seu lado foram edificadas instalações para a Faculdade de Ciências Econômicas – FACE. Em 1967, houve a federalização de ambas, Escola Politécnica e FACE, que passaram a integrar o *Campus II* da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Na Figura 5 está apresentada a construção da Escola Politécnica em Bodocongó – Campina Grande.

Figura 5. Construção da Escola Politécnica em Bodocongó



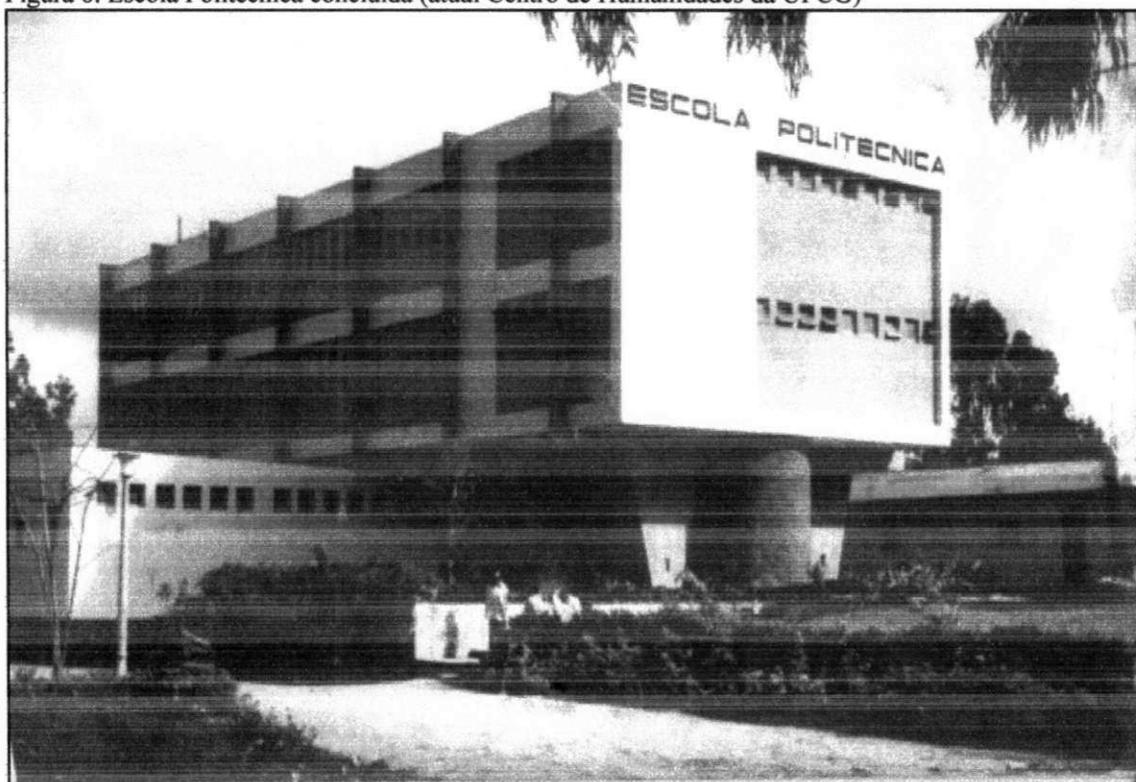
Fonte: Projeto Memória – UFCG (2012).

Após um longo período de discussões, a Universidade Federal da Paraíba, então com 7 (sete) *campi*, foi desmembrada, dando origem à Universidade Federal de Campina Grande, oficialmente criada por meio da Lei N°. 10.419, de 9 de abril de 2002. Com o citado desmembramento, a Universidade Federal da Paraíba passou a ser composta pelos *campi* de João Pessoa (sede da Instituição), Areia e de Bananeiras, ficando a

Universidade Federal de Campina Grande com os *campi* de Campina Grande (sede administrativa), Patos, Sousa e de Cajazeiras. A partir do Programa de Expansão promovido pelo Governo Federal, a UFCG ampliou seu raio de atuação, com a criação de mais 3 (três) *campi*, nas cidades de Cuité, Pombal e Sumé.

A Figura 6, abaixo, apresenta o prédio já concluído, em que funcionou a Escola Politécnica, hoje pertencente ao Centro de Humanidades.

Figura 6. Escola Politécnica concluída (atual Centro de Humanidades da UFCG)



Fonte: Projeto Memória – UFCG (2012)

A UFCG apresenta atualmente a seguinte formação:

- i. Na cidade de Campina Grande, onde está a sede administrativa da Instituição, há 05 (cinco) centros de ensino instalados: o Centro de Humanidades – CH, o Centro de Ciências Biológicas e da Saúde – CCBS, o Centro de Engenharia Elétrica e Informática – CEEI, o Centro de Tecnologia e Recursos Naturais – CTRN e o Centro de Ciências e Tecnologia - CCT;
- ii. Na cidade de Cajazeiras, situa-se o Centro de Formação de Professores – CFP;
- iii. Na cidade de Sousa, está instalado o Centro de Ciências Jurídicas e Sociais – CCJS;

- iv. Na cidade de Sumé, está instalado o Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido – CDSA;
- v. Na cidade de Patos, está instalado o Centro de Saúde e Tecnologia Rural – CSTR;
- vi. Na cidade de Cuité, está instalado o Centro de Educação e Saúde (CES) e,
- vii. Na cidade de Pombal, está instalado o Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar – CCTA.

A Figura 7, apresenta a localização da UFCG com relação à distribuição de Instituições Federais no Brasil.

Figura 7. Distribuição das Instituições Federais: Brasil e na Paraíba.



Fonte: Adaptado do Ministério da Educação – Governo Federal (2012)

A Figura 8 apresenta a vista aérea do Campus de Campina Grande. A Figura 8 (a) apresenta o *campus* de Campina Grande e a Figura 8 (b) apresenta a Cidade de Campina Grande, tendo, em destaque, o espaço ocupado pela UFCG.

### 3.3.2.1. Setor A

No setor A, foram gerados, despejados e coletados os esgotos da UFCG mais contribuição externa (esgoto clandestino). A Figura 10 apresenta o local onde foi coletado o esgoto interno gerado pela UFCG.

Figura 10. Coleta de esgoto no Setor A



Fonte: Arquivo da Pesquisa (2013).

A Figura 11 apresenta o local onde foi coletado o esgoto externo mais água pluvial que são descarregadas na UFCG. Neste local foi coletado o efluente. Com a caracterização deste efluente foi possível avaliar o grau de contaminação do campus sede.

Figura 11. Coleta de efluentes (esgoto mais contribuição pluvial)



Fonte: Arquivo da Pesquisa (2013).

### 3.3.2.2. Setor B

A Figura 12 apresenta o local onde foi coletado o esgoto interno gerado pela UFCG (Setor B).

Figura 12 - Coleta de esgoto no Setor B

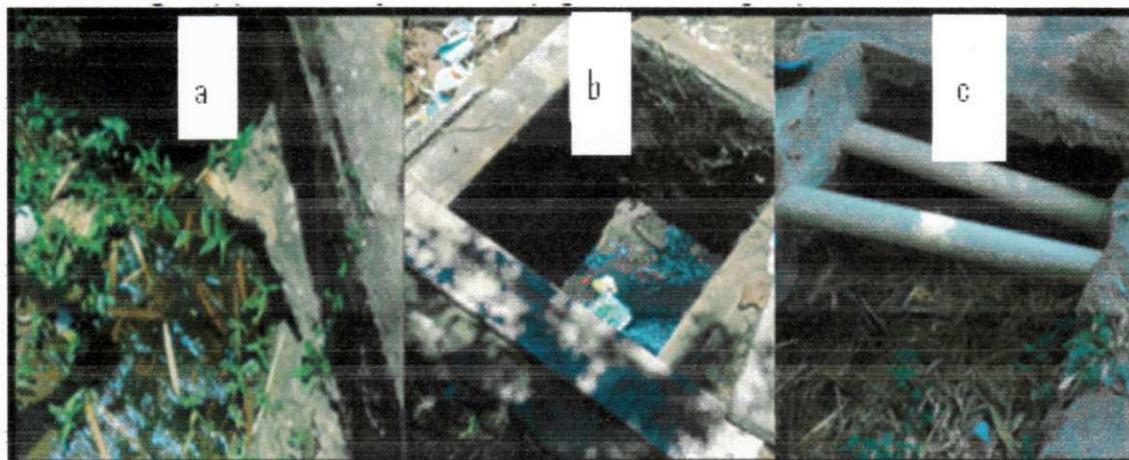


Fonte: Arquivo da Pesquisa (2013).

### 3.3.2.3. Setor C

A Figura 13 apresenta o local onde foi coletado o esgoto externo e interno gerados no setor C. As análises realizadas foram: nitrogênio amoniacal, demanda química de oxigênio e metais pesados (Ferro, alumínio, chumbo, cádmio, cromo e cobre).

Figura 13. Coleta de esgoto no Setor C: Fig. 13(a) – Contribuição Externa; Fig. 13 (b) – Contribuição Interna 1 e Fig. 13 (c) – Contribuição Interna 2(Esgoto da Fossa Séptica).



Fonte: Arquivo da Pesquisa (2013).

#### 3.3.2.4. Saída do Efluente (Out)

A Figura 14 apresenta o local onde foi coletado o esgoto na saída da UFCG (saída na rede de esgoto coletora da CAGEPA – Companhia de Água e Esgoto da Paraíba).

Figura 14. Saída do Efluente



Fonte: Arquivo da Pesquisa (2013).

### 3.3.2. Quantificação dos Contaminantes, Materiais, Energia e Água

Os contaminantes foram coletados nos setores A, B, C e na saída da UFCG. No setor C foram coletadas amostras nos pontos a, b e c (vide Figura 13).

Os contaminantes foram coletados em quadruplicatas e para padronizar a avaliação do desempenho ambiental as avaliações foram associadas às avaliações 1, 2, 3 e 4.

#### 3.3.2.1. Nitrogênio Amoniaco

A determinação do Nitrogênio Amoniaco foi realizada conforme recomendação do Standard Methods for the Examination Of Water And Wastewater (APHA - AWWA – WEF, 2005); OHLWEILER (1981). A relação dos reagentes e a metodologia de preparação das soluções utilizadas para o ensaio encontram-se no Apêndice B, em anexo.

No ensaio, o nitrogênio é transformado em amônia, que reage com o ácido sulfúrico formando sulfato de amônia. Durante a destilação a amônia é liberada pela

adição de hidróxido de sódio, destilada dentro de uma quantidade conhecida de ácido bórico saturado e titulada com ácido sulfúrico 0,02 N.

### **3.3.2.2.Demanda Química de Oxigênio – DQO**

O procedimento adotado para determinação da demanda química de oxigênio (DQO) seguiu as recomendações propostas pela APHA - AWWA – WEF, (2005): método do refluxo fechado. A metodologia de preparação da solução digestora, solução catalisadora e solução padrão de sulfato ferroso amoniacal a 0,025 N encontram-se no Apêndice C. O ensaio de DQO tem por objetivo determinar a concentração de matéria orgânica presente no efluente gerado na UFCG.

### **3.3.2.3.Contaminantes - Metais Pesados**

Para classificar e quantificar os contaminantes presentes nos resíduos sólidos foi utilizado o ensaio de lixiviação e solubilização. Os dados obtidos foram comparados com os requisitos exigíveis para a obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos.

Esses requisitos estão na ABNT NBR 10.005 (2004) que visa diferenciar os resíduos classificados pela ABNT como Classe I - perigosos ou classe II – não perigosos (ABNT, 2004 - NBR 10.005). Para o ensaio de lixiviação, uma amostra representativa de 100 g (base seca) foi colocada em frasco de 2000 ml com água destilada, deionizada e isenta de matéria orgânica, acrescido da solução lixivante (ácido acético glacial e água). Em seguida, a solução foi submetida à agitação, em equipamento rotatório (Figura 15), com 30 rotações por minuto, relação líquido-sólido (L/S) igual à 20:1 e tempo de contato com o meio lixivante igual a  $18 \pm 2$  horas.

A Figura 15 apresenta a vista frontal do aparelho rotativo de frascos que foi utilizado para extrair metais pesados presentes no resíduo sólido.

Figura 15. Aparelho Rotativo de Frascos para Lixiviação



Fonte: Arquivo da Pesquisa (2013) - LABGER.

Foram realizadas determinações de ferro, alumínio, chumbo, cádmio, cromo e cobre (todos contaminantes indicadores de potabilidade da água). Os contaminantes foram determinados por absorção atômica (AAS) em um espectrofotômetro de absorção atômica da marca Shimadzu Modelo AA – 6800.

#### **3.3.2.4. Água, Energia e Papel**

Os dados referentes ao consumo de energia, de água e de papel/envelope foram obtidos na Pró-Reitoria de Gestão Administrativo-Financeira – PRA, setor da Administração Superior da UFCG. No Apêndice D encontram-se os dados de água, energia e papel/envelope nos períodos avaliados.

### **3.4. QUARTA ETAPA: VALIDAÇÃO DO MODELO E INDICADORES PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL EM IES**

Nesta etapa, foram definidos os indicadores ambientais e a forma de avaliar o desempenho ambiental(ADA).

Os indicadores para ADA foram selecionados de tal forma que possam resultar na apresentação de dados ou informações qualitativas ou quantitativas, de modo

compreensível e útil. Eles ajudam a converter dados em informações concisas sobre os esforços da administração para influenciar o desempenho ambiental da IES, o desempenho ambiental das operações da organização ou a condição do meio ambiente.

Os indicadores de desempenho operacional (IDO) fornecem informações sobre o desempenho ambiental das operações da organização. Os indicadores de desempenho operacional propostos neste trabalho se relacionam a:

- i. *Entradas: materiais (a exemplo de papel), energia e água;*
- ii. *Saídas: Resíduos (a exemplo de sólidos, líquidos, perigosos, não perigosos, recicláveis, reutilizáveis) e Emissões (a exemplo de emissões para a atmosfera, efluentes para água ou solo, ruído, vibração, calor, radiação, luz), resultantes das operações da IES.*

#### **3.4.1. Análise Multicritério**

Após a definição dos indicadores (1ª e 2ª Etapas), foi realizada a ADA na IES. Os dados coletados foram analisados e convertidos em informações, descrevendo o desempenho ambiental da organização, expresso como indicadores. As informações que descrevem o desempenho ambiental da IES foram analisadas, usando-se a agregação, ponderação e decisão (ABNT NBR 10.031, 2004).

A análise multicritério foi usada para ajudar a controlar os dados que são fortemente complexos dentro do campo ambiental, visando ir à direção da melhor estratégia de gerenciamento ambiental. A principal característica apontada por Maystreet *et al.* (1994), com relação ao método de análise multicritério, é no fato de os dados servirem para modelar a preparação para a tomada de decisão.

Os pesos foram usados em função da importância e definidos com base nos trabalhos do CONESAM que estabeleceu o ISA (PIZA e GREGORI, 1999) e o trabalho de CASTRO *et al.* (2005), que propuseram metodologia para avaliar o desempenho ambiental em indústria, utilizando método de apoio à decisão multicritério. Além das duas referências citadas, foi considerada ainda a resposta do painel de especialista. Com o painel de especialista, foi possível propor o peso dos indicadores para realizar a avaliação do desempenho ambiental.

### 3.4.2. Agregação e Ponderação

O método de agregação adotado foi o da *soma ponderada*. O método de agregação consiste em atribuir um peso para cada indicador e, em seguida, para cada ação (período de avaliação), visando realizar um somatório do produto do peso pela avaliação do critério. A soma ponderada consiste em: i) atribuir pesos para cada critério; ii) em seguida, atribuir pesos para cada ação e iii) realizar um somatório do produto do peso pela avaliação do critério. A Tabela 3 apresenta a matriz de avaliação multicritério.

Tabela 3. Matriz de Avaliação Multicritério

Ação	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>m</sub>
	$p_1$	$p_2$	$p_m$
A <sub>1</sub>	$E_1^1$	$E_1^2$	$E_1^m$
A <sub>2</sub>	$E_2^1$	$E_2^2$	$E_2^m$
A <sub>n</sub>	$E_n^1$	$E_n^2$	$E_n^m$

C<sub>i</sub>: Critério (indicador); A<sub>j</sub>: Ação Avaliada; p<sub>j</sub>: Coeficiente de Ponderação; E<sub>i</sub><sup>j</sup>: Avaliação do critério i para a ação j.

Fonte: Maystreet *al.* (1994)

Antes da agregação e ponderação, foi feita a relativização dos dados visando deixar os valores em uma mesma escala. Foi usada a Equação 10:

$$r = \frac{V}{I_M} \quad (10)$$

Onde:

r – Valor relativizado (padronizado);

V – Valor da ação (indicador)

I<sub>M</sub> – Indicador de maior valor

## CAPÍTULO 4

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste Capítulo, estão apresentados os resultados, em relação às respostas do painel de especialista, caracterização e quantificação da área de estudo, bem como os cálculos referentes ao modelo de avaliação do desempenho ambiental com os indicadores propostos.

#### 4.1. AVALIAÇÃO DAS RESPOSTAS PAINEL DE ESPECIALISTA

O Quadro 6 apresenta a formação e a quantidade do painel de especialistas que responderam o questionário.

Quadro 6. Formação Acadêmica e Setor da IES: Painel de Especialista

Formação	IES Pública	IES Privada
Engenharia Ambiental	XX	-
Engenharia de Produção	XX	X
Engenharia Industrial	X	-
Engenharia Civil	XX	-
Engenharia Química	X	-
Engenharia Agrícola	X	-

Fonte: Arquivo da Pesquisa (2013).

No QUADRO 6 acima, 90% dos especialistas são de IES pública e 10% de IES privada. A formação dos painelistas que mais respondera, foram engenharia ambiental, engenharia de produção e engenharia química.

O Gráfico 1 apresenta o resultado das respostas do painel de especialista, com os indicadores *versus* quantidade de resposta.

A sistematização das respostas foi feita usando o Soft Estatístico MINITAB, conjugado com o Gráfico de PARETO.

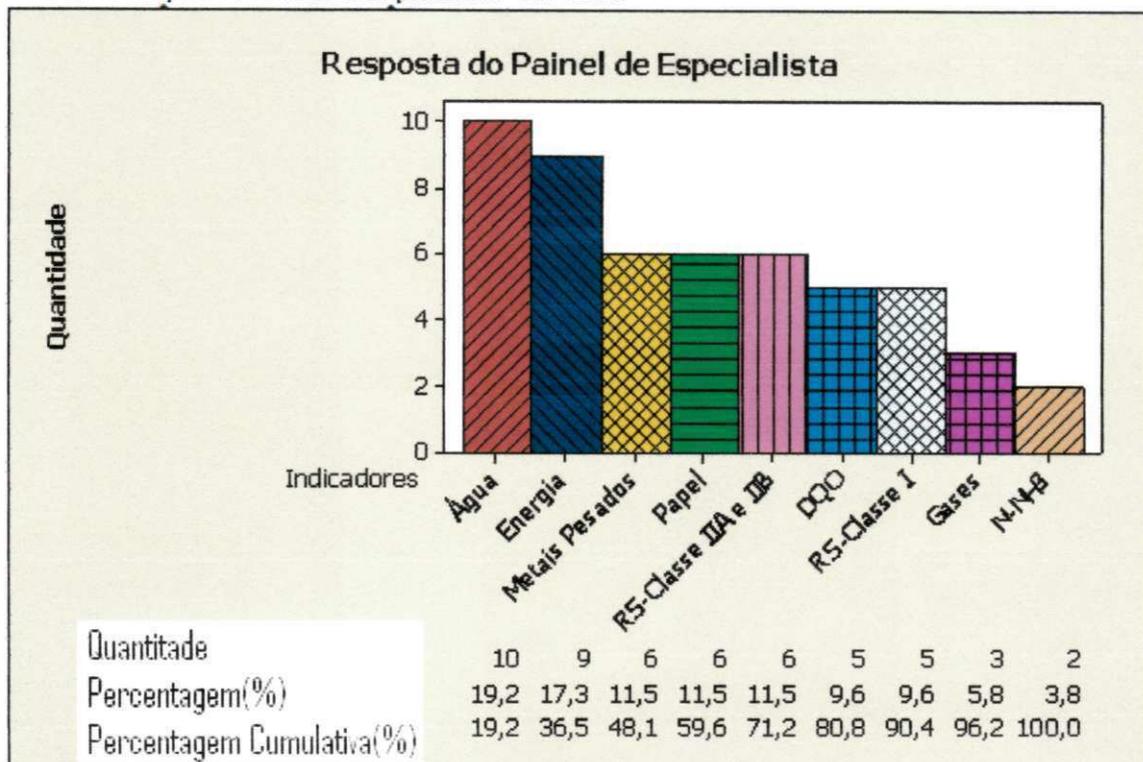
O Gráfico de PARETO tem o objetivo de compreender a relação que trará o melhor resultado. O diagrama é composto por um gráfico de barras que ordena as frequências das ocorrências em ordem decrescente, e permite a localização de problemas vitais e a eliminação de futuras perdas.

No Gráfico de PARETO são incluídos valores em porcentagem e o valor acumulado das ocorrências. Assim, torna-se possível avaliar o efeito acumulado dos itens pesquisados. No Gráfico 1, pode-se observar que o maior percentual obtido foi para o

indicador consumo de água (19,2%), seguido imediatamente pelo indicador referente ao consumo de energia (17,3%). Assim, apenas o consumo de água e de energia representam 36,5% das respostas.

Seguem, depois, os indicadores referentes a metais pesados, papel/envelope e resíduos sólidos inertes e não inertes (II A e IIB), totalizando 34,5%; seguidos de DQO, Resíduos Sólidos, Nitrogênio Amoniacal e Gases, totalizando 29%.

Gráfico 1. Resposta do Painel de Especialista – PARETO



Legenda: RS: Resíduos Sólidos; DQO: Demanda Química por Oxigênio  
 Fonte: Arquivo da Pesquisa (2013).

A Tabela 4 apresenta os valores reais e os valores aproximados que foram usados para realizar a ponderação.

A segunda (2ª) coluna da Tabela 4 é resultado do Gráfico de PARETO, que sistematizou as respostas dos Especialistas, enquanto a terceira (3ª) coluna resulta da aproximação feita pelo segundo grupo a que se refere a metodologia DELPHI, ou seja, os Tomadores de Decisão, que, em síntese, são constituídos pelo autor da tese e seus orientadores e, portanto, são responsáveis pela aproximação percentual dos pesos dos indicadores.

Tabela 4. Valores Reais(observados) e os Valores Aproximados das Respostas

<b>Indicador</b>	<b>% Observada</b>	<b>% Aproximada</b>
Consumo de Água	19,5	20
Consumo de Energia	17,3	15
Metais Pesados	11,5	15
Papel/Envelope	11,5	10
Resíduos Sólidos – Classe IIA e IIB	11,5	10
DQO	9,6	10
Resíduos Sólidos – Classe I	9,6	10
Nitrogênio Amoniacal	3,8	5
Gases	5,8	5

Fonte: Arquivo da Pesquisa (2013).

A Tabela 5 apresenta a composição dos indicadores mais importantes para avaliar o desempenho ambiental de organizações distintas, os respectivos pesos adotados por cada uma delas, a média entre esses pesos, bem como os pesos adotados para esta tese.

Os valores da segunda (2<sup>a</sup>) coluna são os percentuais aproximados obtidos a partir das respostas do painel de especialistas. Os percentuais dos indicadores de PIZA e GREGORI (1999), na terceira (3<sup>a</sup>) coluna, e o de CASTRO *et al.*, (2005), na quarta (4<sup>a</sup>) coluna, são valores de pesos de indicadores usados para avaliar desempenho em indústrias, e que servirão como referência para avaliar o desempenho ambiental de uma IES.

Na quinta (5<sup>a</sup>) coluna, estão apresentados os valores médios obtidos a partir do: i) painel de especialistas, ii) PIZA e GREGORI (1999) e iii) CASTRO *et al.*, (2005). Na sexta (6<sup>a</sup>) coluna, estão apresentados os pesos, em termos percentuais, usados na presente tese.

Portanto, reforçando, na sexta coluna (6<sup>a</sup>) estão apresentados os pesos adotados nesta pesquisa e que servirão para validar os indicadores e o modelo de avaliação de desempenho ambiental aqui proposto.

A Tabela 5 apresenta a relação entre os pesos e os indicadores.

Tabela 5. Relação: Peso e Indicador

<b>Fonte</b> <b>Indicador</b>	<b>Peso do</b> <b>Painel de</b> <b>Especialista</b> <i>(x<sub>1</sub>)</i>	<b>Peso de</b> <b>PIZA e</b> <b>GREGORI</b> <i>(x<sub>2</sub>)</i>	<b>Peso de</b> <b>CASTRO</b> <i>(x<sub>3</sub>)</i>	<b>Média dos</b> <b>Pesos*</b>	<b>Peso</b> <b>Adotado na</b> <b>Tese</b>
Consumo de água	20%	25%	-	22,50%	<b>20%</b>
Resíduos sólidos– Classe I	10%	-	11%	10,50%	<b>10%</b>
Consumo de Recursos Naturais	-	-	16%	16%	-
Emissões atmosféricas(Gases)	5%	-	2,8%	3,9%	<b>5%</b>
Resíduos Sólidos – Classe II A/B	10%	-	-	10%	<b>10%</b>
Lançamento de Efluentes – Nitrogênio Amoniacal	5%	25%	27,4	19,1%	<b>5%</b>
Lançamento de Efluentes – DQO	10%	25%	27,4	18,6%	<b>10%</b>
Lançamento de Efluentes – Metais Pesados(contaminante)	15%	25%	27,4	22,5%	<b>15%</b>
Energia	15%	-	-	15%	<b>15%</b>
Papel/Envelope	10%	-	-	10%	<b>10%</b>
Total					<b>100%</b>

Legenda: \* Médias dos pesos em função dos dados obtidos

Fonte: Piza e Gregori(1999) e Castro *et al.* (2005).

Fazendo uma média entre os indicadores adotados para avaliar o desempenho de uma IES com os adotados por dois tipos de indústrias, sem querer, por outro lado, compará-los, dado a natureza distinta das atividades organizacionais, se percebe que os pesos adotados para a tese estão de acordo com a média dos pesos, sobretudo, nos indicadores onde é possível comparar, basta ver os índices dos indicadores de consumo de Água, de Resíduos Sólidos e de Emissões Atmosféricas (Gases).

Por outro lado, é claro, existem indicadores que não são tão importantes para uma ou para outra organização, daí porque, nesses casos, prevalece o índice adotado como sendo o do Painel de Especialistas, tais como os indicadores Energia, Papel e Resíduos Sólidos – Classe II A e II B. Nesse mesmo diapasão, observando nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>,) demanda química de oxigênio(DQO) e Contaminantes, que têm graus de importância bem diferentes para as três organizações, prevalece o índice do Painel de

Especialistas, que são diferentes da média dos pesos, até pela importância observada no Gráfico de PARETO.

## 4.2. CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DO CAMPO DE ESTUDO

Nesta seção estão apresentados a caracterização e quantificação de resíduos gerados no *campus* sede (UFCG): água, energia, papel, resíduos sólidos, nitrogênio amoniacal, demanda química de oxigênio e metais pesados.

A Tabela 6 apresenta os dados quantitativos referentes às avaliações (realizadas nos anos de 2008, 2009, 2010 e 2011), que, para fins de padronização da avaliação do desempenho ambiental, serão denominados respectivamente de avaliação<sub>1</sub>, avaliação<sub>2</sub>, avaliação<sub>3</sub> e avaliação<sub>4</sub>.

Tabela 6. Dados Quantitativos da UFCG – Campus Campina Grande

Avaliação	Docentes	Servidores	Terceirizados	Alunos		TOTAL
				Graduação	Pós-Graduação	
Avaliação <sub>1</sub>	580	409	232	7166	943	9330
Avaliação <sub>2</sub>	673	333	243	7216	1030	9495
Avaliação <sub>3</sub>	731	339	312	8149	1225	10756
Avaliação <sub>4</sub>	738	494	366	8994	1281	11873

Fonte: Secretaria de Recursos Humanos (SRH) e Pró-Reitoria de Ensino (PRE) da UFCG (2012).

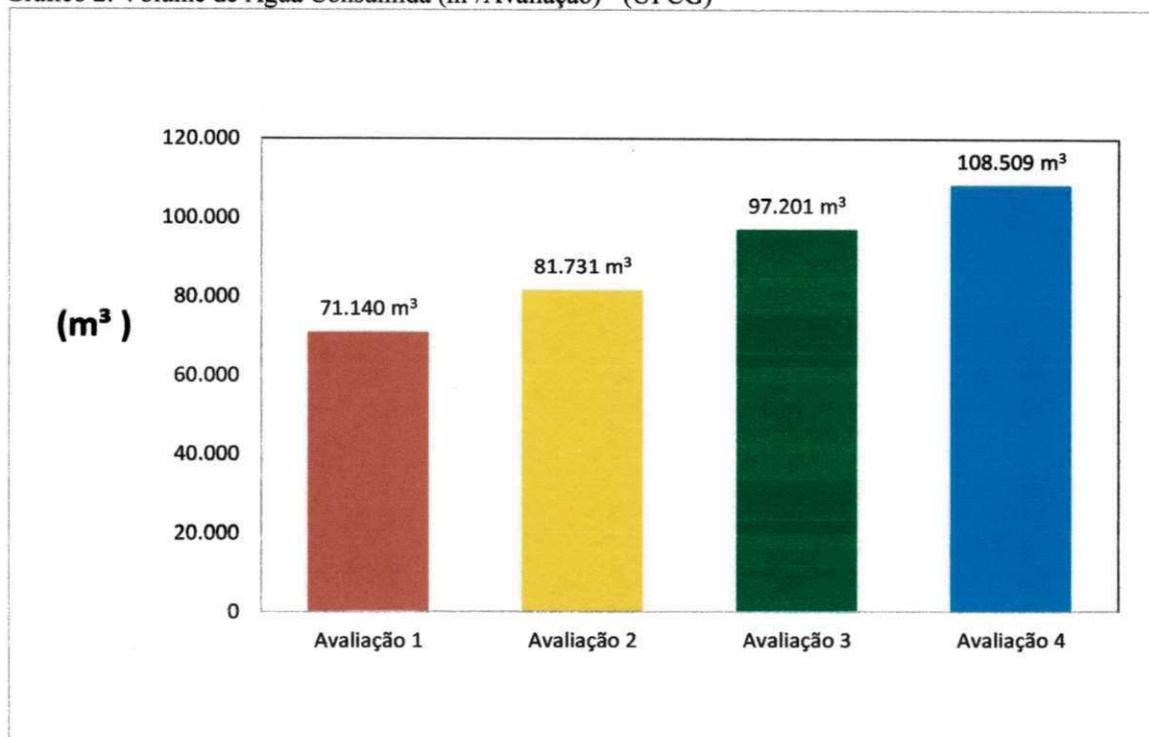
Os dados da Tabela 6 indicam que houve aumento entre as avaliações. Houve aumento em torno de 27,25% nos números de pessoas que participam da comunidade acadêmica do *campus* sede da UFCG. Vale ressaltar que a Universidade tem suas particularidades, destacando-se, entre estas, o fato de conviver com uma população em constante mobilidade, haja vista a relação existente entre alunos ingressantes e alunos egressos.

Os dados da Tabela 6 servirão de base para a obtenção dos indicadores e para a avaliação do desempenho ambiental no período.

### 4.2.1.Água

O Gráfico 2 apresenta o consumo total de água ( $m^3$ ), nas quatro avaliações, no *campus* sede da UFCG.

Gráfico 2. Volume de Água Consumida ( $m^3$ /Avaliação) - (UFCG)



Fonte: Pró-Reitoria de Gestão Administrativo-Financeira – PRGAF (2012).

No Gráfico 2 o volume de água consumida aumentou de forma continuada entre a avaliação<sub>1</sub> e a avaliação<sub>4</sub>. Da avaliação<sub>1</sub> para avaliação<sub>2</sub> o aumento registrado foi em torno de 14,89%. Da avaliação<sub>2</sub> para avaliação<sub>3</sub> o aumento ocorreu na proporção de 18,93% e, finalmente, entre a avaliação<sub>3</sub> a avaliação<sub>4</sub> verificou-se um aumento de 11,63%. O aumento percentual de água consumida entre a 1ª e a 4ª avaliações foi em torno de 52,53%.

A Tabela 7 apresenta a quantidade total de pessoas na IES (servidores efetivos e terceirizados, alunos e professores) nas quatro avaliações.

Tabela 7. Dados Quantitativos da UFCG – Campus Campina Grande

Avaliação	Total de Pessoas na IES
Avaliação <sub>1</sub>	9330
Avaliação <sub>2</sub>	9495
Avaliação <sub>3</sub>	10756
Avaliação <sub>4</sub>	11873

Fonte: Pró-Reitoria de Gestão Administrativo-Financeira – PRGAF (2012).

Com base nos valores da Tabela 7 e nos valores apresentados no Gráfico 2, pode-se calcular o volume *per capita* de água consumida nas quatro avaliações. Os valores referentes aos volumes totais de água foram calculados usando-se a Equação 8:

- Avaliação 1:  $7,6 \text{ m}^3 \cdot \text{pessoa} \cdot \text{ano}$  na  $\text{IES}^{-1}$ (UFCG);
- Avaliação 2:  $8,6 \text{ m}^3 \cdot \text{pessoa} \cdot \text{ano}$  na  $\text{IES}^{-1}$ (UFCG);
- Avaliação 3:  $9,04 \text{ m}^3 \cdot \text{pessoa} \cdot \text{ano}$  na  $\text{IES}^{-1}$ (UFCG);
- Avaliação 4:  $9,14 \text{ m}^3 \cdot \text{pessoa} \cdot \text{ano}$  na  $\text{IES}^{-1}$ (UFCG).

Os valores das 04 (quatro) avaliações apresentaram aumento gradativo. O maior valor foi registrado na 4ª avaliação ( $9,14 \text{ m}^3 \cdot \text{pessoa} \cdot \text{ano} \cdot \text{IES}^{-1}$ ). O aumento foi em torno de 20,26%, entre a 1ª e a 4ª avaliação. Estes resultados podem servir de referência para aplicação da gestão ambiental na IES.

Comparando-se a média nas quatro avaliações da presente pesquisa com as médias da UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS, UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS e FACULDADE DE ENGENHARIA DO PORTO, que apresentaram, respectivamente,  $1,2 \text{ m}^3 \cdot \text{pessoa} \cdot \text{ano} \cdot \text{IES}^{-1}$ ,  $1,6 \text{ m}^3 \cdot \text{pessoa} \cdot \text{ano} \cdot \text{IES}^{-1}$  e  $4,5 \text{ m}^3 \cdot \text{pessoa} \cdot \text{ano} \cdot \text{IES}^{-1}$ , constatou-se que a média da UFCG é bem superior aos consumos dessas Instituições.

Os números do consumo de água por habitante é controverso em uma IES. De acordo com a Organização das Nações Unidas (UNDP, 2000), a relação de  $39,6 \text{ m}^3 \cdot \text{pessoa} \cdot \text{ano}^{-1}$  é suficiente para atender as necessidades de consumo e higiene da população. De acordo com CANEDO (2005), oficialmente o que se sabe é que cada brasileiro consome aproximadamente 250 litros (equivalente a  $91,26 \text{ m}^3 \cdot \text{pessoa} \cdot \text{ano}^{-1}$ ).

Na UFCG o consumo médio é de  $8,6 \text{ m}^3 \cdot \text{pessoa} \cdot \text{ano}^{-1}$ , obtido nas quatro avaliações realizadas. Com o valor de referência recomendado pela Organização das Nações Unidas, constata-se que a UFCG apresenta um consumo inferior à relação recomendada de  $39,6 \text{ m}^3 \cdot \text{pessoa} \cdot \text{ano}^{-1}$ . Evidente, no entanto, que a menção acima não teve o intuito comparativo, até porque a natureza cotidiana de um cidadão que demanda consumo de água para suas necessidades é distinta da demanda de um professor, funcionário ou aluno na universidade, seja porque a natureza do consumo é diferente seja porque o tempo médio de permanência na IES também é bem menor, cerca de um terço ( $1/3$ ), ou oito horas/dia. Um terço de  $39,6 \text{ m}^3 \cdot \text{pessoa} \cdot \text{ano}^{-1}$  são  $13,2 \text{ m}^3 \cdot \text{pessoa} \cdot \text{ano}^{-1}$ . Portanto, um

valor superior aos  $9,14 \text{ m}^3 \cdot \text{pessoa IES}^{-1}$  da pior avaliação da UFCG, bem como da sua média:  $8,6 \text{ m}^3 \cdot \text{pessoa IES}^{-1}$ .

No entanto, pode-se considerar razoável que um habitante de um campus universitário passa cerca de um terço ( $1/3$ ) do dia nos seus afazeres universitários, ou cerca de 8 horas por dia, embora distinta as atribuições de cada categoria (docente, discente e servidor técnico-administrativo) bem como o tempo de permanência de cada uma delas, pode-se concluir que, descontados os 96 sábados e domingos existentes ao longo de um ano (08 vezes 12 meses), a média da ONU para a população que frequenta uma IES, tomando não 365, mas 269 dias úteis (365 menos 96), baixaria para  $29,18 \text{ m}^3 \cdot \text{pessoa IES}^{-1}$ , usando uma regra de três simples.

Um terço ( $1/3$ ) de  $29,18 \text{ m}^3 \cdot \text{pessoa IES}^{-1}$  são  $9,73 \text{ m}^3 \cdot \text{pessoa IES}^{-1}$ . Ou seja, a média da UFCG de  $8,6 \text{ m}^3 \cdot \text{pessoa IES}^{-1}$  estaria bem próxima de atingir a média recomendada pela ONU, ou, em termos percentuais, foi atingido 88,4% da média recomendada.

Naturalmente foi deduzido apenas os sábados e domingos, deixando de contabilizar outras deduções, tais como os feriados clássicos do País (Carnaval, Sexta Santa, Sete de Setembro, 12 de Outubro, 02 de novembro, 25 de dezembro, 01 de janeiro e o dia da cidade). Se tudo fosse contabilizado e deduzido, mais uma vez foi constatado um aumento no consumo *per capita* da UFCG.

O índice recomendado pela ONU é para dar conta das necessidades anuais de um ser humano nas suas atividades cotidianas. Em sendo assim, é razoável afirmar que as atividades cotidianas de uma pessoa que frequenta uma IES não são iguais as das pessoas que não frequentam, seja porque são desenvolvidas apenas em parte do ano gregoriano (365 dias), seja porque a demanda por água é diferente.

#### **4.2.2. Energia**

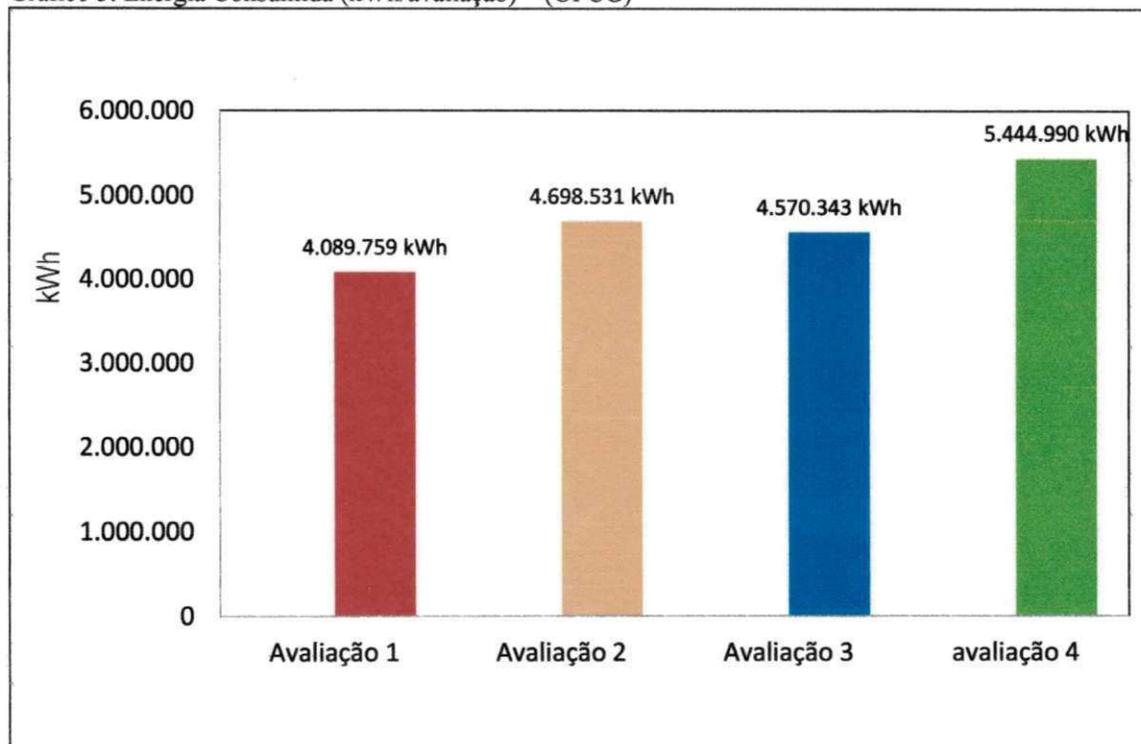
O Gráfico 3 apresenta o consumo total de Energia (kWh por ano) nas quatro avaliações.

De acordo com ORTEGA FILHO (2003), o consumo médio de energia elétrica no Brasil é de aproximadamente  $2.000 \text{ kWh} \cdot \text{pessoa} \cdot \text{ano}^{-1}$ . Com base nessa referência e tomando os dados oficiais fornecidos pela Pró-Reitoria de Gestão Administrativo-Financeiro da UFCG será analisada como evoluiu o consumo de energia ao longo das

quatro avaliações, para saber se o consumo está dentro da média do Brasil e, em consequência, se a UFCG está consumindo energia de forma ambientalmente correta.

Comparando-se a média nas quatro avaliações da presente pesquisa com a média da FACULDADE DE ENGENHARIA DO PORTO, que apresentou 837 kWh.pessoa.ano IES<sup>-1</sup>, constata-se que a média da UFCG é bem inferior (cerca de 50% menor) do consumo de energia daquela Instituição.

Gráfico 3. Energia Consumida (kWh/avaliação) – (UFCG)



Fonte: Pró-Reitoria de Gestão Administrativo-Financeira – PRGAF (2012).

Os dados registrados no Gráfico 3 levam à constatação de que houve aumento em torno de 33,14% no consumo de energia elétrica entre a primeira (1ª) e a quarta (4ª) avaliação realizadas. O maior consumo foi na quarta avaliação e a menor na primeira avaliação. A partir dos dados observados no Gráfico 3 e tendo os valores da Tabela 7 como referência, pode-se determinar o consumo *per capita* em kWh.pessoa.ano<sup>-1</sup> na UFCG. Assim:

- Avaliação 1: 438,34 kWh.pessoa.ano IES<sup>-1</sup>(UFCG);
- Avaliação 2: 498,84 kWh.pessoa.ano IES<sup>-1</sup>(UFCG);
- Avaliação 3: 424,91 kWh.pessoa.ano IES<sup>-1</sup>(UFCG);
- Avaliação 4: 458,60 kWh.pessoa.ano IES<sup>-1</sup>(UFCG).

Comparando-se o valor médio obtido nas quatro avaliações na UFCG (455,17 kWh.pessoa.ano IES<sup>-1</sup>) com o valor médio do consumo no Brasil (2.000 kWh.pessoa.ano<sup>-1</sup>), constata-se que o consumo médio da UFCG está bem abaixo da média nacional.

Novamente, tal qual a menção feita ao consumo água, afirmativa acima não tem o intuito comparativo, até porque, também, a natureza cotidiana de um cidadão que demanda energia para suas necessidades na universidade são distintas, tanto no tempo quanto no tipo, das necessidades das pessoas que não frequentam uma IES.

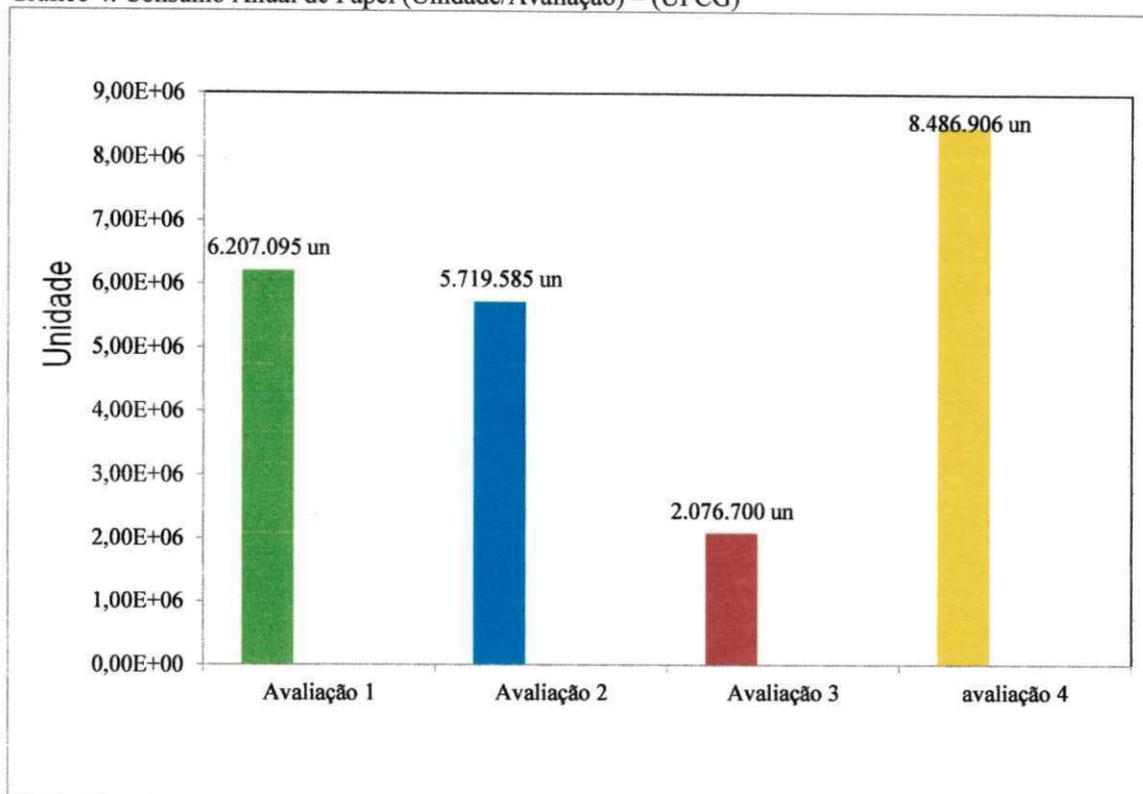
No entanto, já tomando como base que uma pessoa que frequenta uma IES passa cerca de 8 horas em seus afazeres universitários, ou seja, um terço (1/3) do dia, pode-se concluir que ele só demandaria energia apenas para um terço da média recomendada de consumo no Brasil, ou seja, 666,67 kWh.pessoa.ano<sup>-1</sup>.

Se, no entanto, considera-se que os 2.000 kWh.pessoa.ano<sup>-1</sup> são para os 365 dias e se for descontado apenas os sábados e domingos ao longo do ano (365 menos 96), o consumo médio recomendado talvez fosse de 1.474 kWh.pessoa.ano<sup>-1</sup> e 1/3 (um terço) desse valor são 491,34 kWh.pessoa.ano<sup>-1</sup>. Portanto, ainda assim, a média de consumo de energia da UFCG é menor do que a recomendada, mas já atinge 92,64% da média nacional, percentagem um pouco maior que a do indicador água.

#### 4.2.3. Papel

O Gráfico 4 apresenta o consumo total de papel (unidade) nas quatro avaliações do *campus* sede da UFCG.

Gráfico 4. Consumo Anual de Papel (Unidade/Avaliação) – (UFCG)



Fonte: Pró-Reitoria de Gestão Administrativo-Financeira – PRGAF (2012).

Somando-se o consumo de papel e envelopes do Gráfico 4, constatou-se que houve aumento em torno de 36,73% entre a primeira (1ª) e a quarta (4ª) avaliação realizadas. Na avaliação 1, a soma de papel/envelope foi 6.207.095 unidades e, na avaliação 4, o consumo foi 8.486.906 unidades.

Atualmente há 5,5 milhões de hectares de florestas plantadas do Brasil, dos quais 1,7 milhão de hectares são destinados à produção de celulose e papel. Essa área equivale a apenas 0,2% das terras agricultáveis do País. O Brasil produziu, em 2008, 12,85 milhões de toneladas de celulose e 9,85 milhões de toneladas de papel (BRACELPA, 2009).

Em trabalho realizado na Faculdade de Engenharia do Porto em Portugal, visando a propositura de indicadores de sustentabilidade para IES, Madeira (2008), quantificou que cada membro da comunidade acadêmica consumiu em média cerca de 5,4 kg de papel ano. Na UFCG a *per capita* do consumo de papel ( $\text{kg papel.ano}^{-1}$ ) de cada avaliação foi a seguinte, considerando que 500 folhas de papel A4 pesa 2,44 kg:

- Avaliação 1:  $3,24 \text{ kg.ano}^{-1}$ ;
- Avaliação 2:  $2,93 \text{ kg.ano}^{-1}$ ;
- Avaliação 3:  $0,94 \text{ kg.ano}^{-1}$ ;
- Avaliação 4:  $3,49 \text{ kg.ano}^{-1}$ .

Comparando a *per capita* da UFCG com o valor obtido na Faculdade de Engenharia do Porto, constatou-se que a UFCG apresenta *per capita* inferior (nas quatro avaliações) ao daquela Faculdade que foi igual a 5,4 kg de papel ao ano.

#### 4.2.4. Resíduos Sólidos

A Tabela 8 apresenta os limites máximos permissíveis para os metais Ferro, Alumínio, Chumbo, Cromo, Cádmio e Cobre para os ensaios de lixiviação e solubilização. Os ensaios de lixiviação e solubilização foram realizados com a finalidade de classificar o resíduo sólido gerado na UFCG em: Classe I (perigoso); Classe II A (não perigoso – Não Inerte) e Classe II B (não perigoso – Inerte).

Tabela 8. Limites Máximos Permissíveis para Lixiviação e Solubilização

Parâmetro	Lixiviação		Solubilização	
	(mg.L <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup>	(mg.kg <sup>-1</sup> ) <sup>b</sup>	(mg.L <sup>-1</sup> )	(mg.kg <sup>-1</sup> )
Ferro	0,3	60,0	0,3	1,2
Alumínio	0,2	4,0	0,2	0,8
Chumbo	1,0	20,0	0,01	0,02
Cromo	5,0	100,0	0,05	0,2
Cádmio	0,5	10,0	0,005	0,03
Cobre	2,0	40,0	2,0	8,0

Parâmetros e limites máximos no extrato lixiviado e solubilizado conforme recomendação da ABNT NBR 10005 (2004<sub>b</sub>) e ABNT NBR 10006 (2004<sub>c</sub>).

a: Valores em mg.L<sup>-1</sup>

b: Valores em mg.kg<sup>-1</sup>

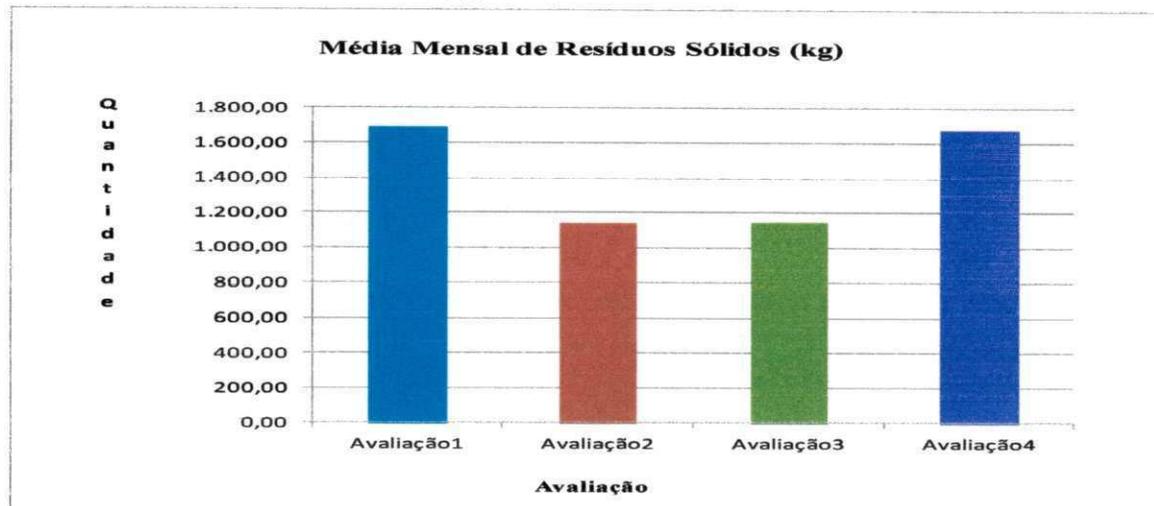
A Tabela 9 abaixo apresenta o resultado da concentração em mg.kg<sup>-1</sup> do resíduo sólido produzido na UFCG (*campus sede*). Vale ressaltar que foram analisados mercúrio, níquel, prata e enxofre e não foram detectados tais contaminantes.

Tabela 9. Concentração em mg.kg<sup>-1</sup> do resíduo sólido produzido na UFCG

Parâmetro	Lixiviação (mg.kg <sup>-1</sup> )	Solubilização (mg.kg <sup>-1</sup> )
Ferro	37,00	1,80
Alumínio	1,70	0,60
Chumbo	11,00	0,01
Cromo	37,00	0,08
Cádmio	2,90	0,07
Cobre	22,00	16,00

Com base na Tabela 9, pode-se classificar o resíduo gerado na UFCG, como não perigoso (todas as concentrações de metais estão abaixo do LMP). A Tabela 9 indica que o resíduo sólido pode ser classificado como Classe II A – Não Inerte, pois, as concentrações de Ferro, Cádmio e Cobre estão acima do LMP. O Gráfico 5 apresenta a estimativa da quantificação de resíduos sólidos gerados na UFCG nas quatro avaliações.

Gráfico 5. Produção de Resíduo Sólido (kg) na UFCG.



Fonte: Prefeitura Universitária – PU (2012).

Na UFCG a *per capita* da geração de resíduos sólidos por mes ( $\text{kg.mes}^{-1}$ ) e a produção *per capita* ( $\text{kg.pessoa.ano}^{-1}$ ) de cada avaliação foram as seguintes:

- Avaliação 1:  $1.690,4 \text{ kg.mes}^{-1}$ ; ou  $2,17 \text{ kg.pessoa.ano}^{-1}$
- Avaliação 2:  $1.137,5 \text{ kg.mes}^{-1}$ ; ou  $1,44 \text{ kg.pessoa.ano}^{-1}$
- Avaliação 3:  $1.145,7 \text{ kg.mes}^{-1}$ ; ou  $1,28 \text{ kg.pessoa.ano}^{-1}$
- Avaliação 4:  $1.680,0 \text{ kg.mes}^{-1}$ ; ou  $1,70 \text{ kg.pessoa.ano}^{-1}$

Os resultados apresentados no Gráfico 5 apresentam a estimativa da geração de resíduos sólidos na UFCG. Os valores apresentados no Gráfico 5 é um indicativo que a geração de resíduos no Campus da UFCG apresenta variação da geração, conforme Tabela 23.

Para fins comparativos a Tabela 10 apresenta a geração de resíduos no Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT) em São Paulo.

Tabela 10. Resíduo Sólido: Passivo e Ativo - IPT

Resíduos	Passivo (t)	Ativo ( $\text{kg.ano}^{-1}$ )	Média Ativo ( $\text{kg.mes}^{-1}$ )
Perigoso	12,30	2.300,00	191,67
Não Perigoso	31,00	11.000,00	916,67

Fonte: Teixeira *et al.*, (2012).

TEXEIRA *et al.*, (2012) afirma que os resíduos não perigosos representam uma grande parcela tanto do ativo (resíduo químico gerado continuamente, originado das

atividades rotineiras desenvolvidas em determinado local.) quanto do passivo (todo material químico que se encontra estocado nas dependências dos de determinado local e que não é utilizado nas atividades rotineiras de trabalho por um período superior ao considerado norma). Adicionalmente, nota-se uma grande geração anual de resíduos, indicando a necessidade de um fluxo para correta destinação destes resíduos para que não haja acúmulo nas dependências do instituto (IPT). Portanto, a geração mensal de resíduos sólidos não perigosos encontrada no IPT, está inferior à média encontrada nas quatro avaliações da presente pesquisa (Tabela 23 e Gráfico 5).

Em trabalho realizado na USP, Araújo e Viana (2012), na Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH) cerca de 4.565 alunos; 255 docentes e 403 funcionários frequentavam a Instituição. A partir da coleta de dados foi possível verificar que em apenas uma semana foram descartados e enviados para o aterro sanitário 541,93 kg de resíduos sólidos, sendo 33,43 kg de papel; 7,58 Kg de metal; 131,57 kg de rejeitos; 13,68 kg de plástico; 1,42 kg de vidro; 348,52 kg de rejeitos oriundos dos banheiros; 3,04 kg de rejeitos provenientes do ambulatório e 2,69 kg classificados como outros, no qual estão inseridos tecidos, borracha e uma pequena quantidade de equipamentos eletrônicos.

Segundo CORRÊA *et al.* (2010) a geração de resíduos numa instituição de ensino superior (IES) é heterogênea, devido à complexidade e às particularidades das diversas atividades existentes neste local, tornando o processo de gestão desses resíduos um desafio. Martins e Silveira (2010) também citam a diversidade de resíduos gerados nas IES afirmando que muitas instituições possuem características semelhantes às de cidades industriais, por gerarem resíduos de diferentes tipos e decorrentes de diferentes atividades e setores.

Comparando o resultado encontrado no trabalho de ARAÚJO e VIANA (2012) com a presente pesquisa, constata-se que a geração semanal da EACH-USP é em torno de 541,93 kg, que nos permite estimar uma média mensal de  $2.167,72 \text{ kg.mes}^{-1}$ . Este valor está acima da média mensal estimada encontrada na UFCG (Tabela 23).

#### **4.2.5. Nitrogênio Amoniacal**

O nitrogênio quantificado nos esgotos da UFCG foi o da forma amoniacal ( $\text{NH}_3$ ). A Tabela 11 apresenta a concentração de Nitrogênio Amoniacal nos setores A, B, C

e saída da UFCG. O padrão de lançamento de efluentes contendo nitrogênio amoniacal é 20 mg.L<sup>-1</sup>. Na Tabela 11 todos os valores estão abaixo do recomendado pela Resolução 430 do CONAMA (2011).

Tabela 11. Teor Nitrogênio Amoniacal nos Pontos A, B, C e saída da UFCG: 04 Avaliações.

Setor – Local	1ª Avaliação	2ª Avaliação	3ª Avaliação	4ª Avaliação
<i>Setor A - Banco do Brasil</i>	0,98	0,59	0,20	0,59
<i>Setor A - SIAAS</i>	1,23	0,28	0,17	0,50
<i>Setor A - Ponte/Riacho</i>	0,53	0,31	0,19	0,34
<i>Setor B - Pista</i>	0,45	0,53	0,22	0,34
<i>Setor C - Lado Sala CA</i>	0,22	0,17	0,20	0,20
<i>Setor C - Central Telefônica</i>	0,62	0,14	0,11	1,00
<i>Setor C - Fossa Séptica – CA</i>	0,70	0,17	0,70	0,52
<i>Saída - Lado Externo UFCG</i>	0,59	0,17	0,17	0,31
<b>Total – N-NH<sub>3</sub> – mg.L<sup>-1</sup></b>	<b>5,32</b>	<b>2,36</b>	<b>1,96</b>	<b>3,8</b>

Fonte: Elaborada pelo autor da tese (2013).

Em algumas águas naturais, o nitrogênio ocorre em formas inorgânicas e orgânicas que são de interesse para a saúde humana. Existem formas importantes de nitrogênio do ponto de vista ambiental que se diferenciam no grau de oxidação do átomo de nitrogênio. As formas mais reduzidas são a amônia, NH<sub>3</sub>, e seu ácido conjugado o amônio NH<sub>3</sub><sup>+</sup>. A forma mais oxidada é o íon nitrato, NO<sub>3</sub><sup>-2</sup>, que existe em sais, soluções aquosas e no ácido nítrico. Em soluções, as formas mais importantes entre esses extremos são o íon nitrito, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, e o nitrogênio molecular N<sub>2</sub> (BAIRD, 2002).

Em um curso de água a determinação da forma predominante de nitrogênio pode fornecer indicações sobre o estágio da poluição eventualmente ocasionada por algum lançamento de esgotos a montante. Se esta poluição é recente, o nitrogênio estará basicamente na forma de nitrogênio orgânico ou amônia, e se antiga, basicamente na forma de nitrato. Nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) é padrão de classificação das águas naturais e padrão de emissão de esgotos. Geralmente, o nitrogênio nos esgotos domésticos é encontrado nas formas amoniacal e orgânico (VAN HAANDEL & VAN DER LUBBE, 2007). Esse processo ocorre de forma mais rápida em condições bastante aeradas.

Estudos de caracterização e quantificação dos efluentes gerados no campus universitário da Universidade Federal de Viçosa (UFV) apresentou em média 30,6 mg.L<sup>-1</sup> de nitrogênio amoniacal (SOUZA *et al.*, 1997). Este valor é bastante elevado, quando

comparado com os valores determinados em cada ponto dos setores A, B, C e saída da UFCG. Para os propósitos desta pesquisa, foi apenas comparado os valores dos lançamentos dos efluentes contendo nitrogênio amoniacal e não interessa os mecanismos de interação entre o nitrogênio e outros nutrientes.

#### 4.2.6. Demanda Química por Oxigênio - DQO

Há poucos estudos publicados que tratam da caracterização e quantificação de efluentes de campus universitários. Também conhecida como COD (*Chemical Oxygen Demand*), a Demanda Química de Oxigênio mede a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da parte orgânica de uma amostra que seja oxidável pelo permanganato ou dicromato de potássio em solução ácida.

A DQO, segundo MAZZINI (2003), é o parâmetro que determina a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica por meio de um oxidante químico (dicromato de potássio). O dicromato de potássio oxida tanto a matéria orgânica biodegradável, quanto a não biodegradável. A fração inerte da DQO pode estar associada à toxicidade. A Tabela 12 apresenta a DQO nos setores A, B, C e saída da UFCG.

Tabela 12. Teor DQO nos Pontos A, B, C e saída da UFCG: 04 Avaliações.

Setor – Local	1ª Avaliação	2ª Avaliação	3ª Avaliação	4ª Avaliação	Valor Médio da DQO em cada Ponto
Setor A - Banco do Brasil	252,79	250,00	189,00	188,00	219,94
Setor A - SIAAS	245,35	240,00	231,00	221,00	234,33
Setor A - Ponte/Riacho	133,83	130,00	128,00	125,00	129,21
Setor B - Pista	178,43	175,00	165,00	156,00	168,60
Setor C - Lado Sala CA	126,39	120,00	119,00	115,00	121,09
Setor C - Central Telefônica	304,70	300,00	269,00	221,00	273,68
Setor C - Fossa Séptica - CA	208,17	200,11	199,50	185,88	198,42
Saída - Lado externo UFCG	349,44	330,00	279,00	222,00	295,11
<b>Total: DQO - mg.L<sup>-1</sup> de O<sub>2</sub></b>	<b>1.799,10</b>	<b>1.745,11</b>	<b>1.79,50</b>	<b>1.437,88</b>	-

Fonte: Elaborada pelo autor da tese (2013).

Os dados da Tabela 12 referentes aos teores de DQO determinados em cada local do *campus* da UFCG indicam que os efluentes gerados pode ser classificado como esgoto com concentração média ou fraca. Segundo METCALF e EDDY (1991), esgotos classificados como de concentração média apresentam valores de DBO<sub>5</sub> em torno de 200 mg.L<sup>-1</sup>. Como, geralmente a DQO representa duas vezes o valor da DBO<sub>5</sub>, um esgoto com DQO em torno de 400 mg.L<sup>-1</sup> pode ser considerado como de média concentração.

Todos os valores de DQO encontrados nos Pontos A, B, C e na saída do *campus* estão abaixo de 400 mg.L<sup>-1</sup> de oxigênio, o que permite classificar o esgoto como de média concentração. Na Tabela 12 o maior valor de DQO está na saída do *campus*, representando uma média nas 4 avaliações valor igual a 295,11 mg.L<sup>-1</sup>.

Trabalho realizado por VERSIANI *et al.*, (2005) demonstraram que o esgoto afluente ao Centro de Tecnologia no Rio de Janeiro - CETE-UFRJ pode ser classificado como um esgoto fraco, pois, apresentou valores de DQO e DBO entre 39 a 457 mg.L<sup>-1</sup> de oxigênio e 29 a 152 mg.L<sup>-1</sup> de oxigênio respectivamente. Os valores encontrados no *campus* sede da UFCG estão abaixo dos valores de DQO encontrados no CETE-UFRJ.

Em outro estudo de caracterização e quantificação dos efluentes gerados em campus universitário Souza *et al* (1997) e Aquino *et al* (1996) mostraram que o efluente final do campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), apresentava natureza bastante complexa (mais de cem substâncias eram usadas rotineiramente nos laboratórios sem controle de descarte).

Trabalho realizado na Universidade Federal de Ouro Preto por BERTOLINO *et al.* (2008), visando caracterizar e avaliar a tratabilidade dos efluentes líquidos produzidos daquele *campus*, encontraram uma DQO média de 670 mg.L<sup>-1</sup>. Quando comparado com a concentração de DQO do *campus* sede da UFCG, constata-se que o valor médio de cada ponto/local da UFCG está abaixo do valor encontrado no *campus* da Universidade Federal de Ouro Preto.

#### 4.2.7. Contaminantes: Metais Pesados no Efluente

Os contaminantes que foram determinados nos setores A, B, C e saída do *campus* foram os metais pesados: Cromo Total (Cr); Alumínio Total (Al); Ferro Total (Fe); Chumbo Total (Pb); Cádmio Total (Cd) e Cobre Total (Cu).

De acordo com a PORTARIA N.º 518, de 25 de Março de 2004 os limites máximos permissíveis para a potabilidade e para aceitação do consumo humano estão apresentados na Tabela 13 e serão comparados com os valores obtidos na presente pesquisa.

Tabela 13. Valores Padrões Para Potabilidade da Água e Aceitação para Consumo

Contaminante	Padrão de Potabilidade de Substâncias que Causam Risco à Saúde Humana	Padrão de Aceitação Para Consumo Humano
Ferro	-	0,3 mg.L <sup>-1</sup>
Alumínio	-	0,2 mg.L <sup>-1</sup>
Chumbo	0,01 mg.L <sup>-1</sup>	-
Cromo	0,05 mg.L <sup>-1</sup>	-
Cádmio	0,005 mg.L <sup>-1</sup>	-
Cobre	2,00 mg.L <sup>-1</sup>	-

Fonte: Portaria N.º 518 de Março 2004.

A Tabela 14 apresenta as concentrações de metais pesados na primeira (1ª) avaliação nos setores A, B, C e saída do *campus*.

Tabela 14. Teor de Metais pesados nos Pontos A, B, C e saída do *campus* - 1ª Avaliação.

Setor – Local	Contaminante – Metais Pesados (mg.L <sup>-1</sup> )						Total Setor
	Fe	Al	Pb	Cd	Cr	Cu	
Setor A - Banco do Brasil	0,17	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	1,0	1,17
Setor A - SIAAS	0,11	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	0,11
Setor A - Ponte/Riacho	0,11	0,11	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	1,7	1,92
Setor B -Pista	0,28	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	0,28
Setor C - Lado Sala CA	0,17	0,12	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	1,0	1,29
Setor C - Central Telefônica	0,17	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	0,17
Setor C - Fossa Séptica – CA	0,11	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	0,11
Saída - Lado externo UFCG	0,28	0,19	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	1,1	1,57
Total – Metal Pesado	1,40	0,42	-	-	-	4,88	∑ = 6,62

LEGENDA: ND – Não Detectado; 1 - Abaixo do Limite de Detecção do AAS (0,10 mg.L<sup>-1</sup>); 2 - Abaixo do Limite de Detecção do AAS (0,05 mg.L<sup>-1</sup>).

Na Tabela 14 os metais pesados que mais foram detectados na 1ª avaliação nos esgotos da UFCG foram o Ferro, o Cobre e o Alumínio. O valor total de metais pesados na primeira avaliação (avaliação 1) foi igual a 6,62 mg.L<sup>-1</sup>. Constatou-se que todos os contaminantes apresentaram valores abaixo do mínimo recomendado pela Portaria N.º 518 do CONAMA que é uma portaria do Ministério da Saúde sobre os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. A opção de comparar os resultados da presente pesquisa com a Portaria 518 do MS, é devido ao fato que a mesma é mais restritiva do que outras Resoluções e Portarias de lançamento de efluentes.

A Tabela 15 apresenta as concentrações de metais pesados na segunda (2ª) avaliação nos setores A, B, C e saída do *campus*.

Tabela 15. Teor de Metais pesados nos Pontos A, B, C e saída do *campus* - 2ª Avaliação

Setor – Local	Contaminante – Metais Pesados (mg.L <sup>-1</sup> )						Total Setor
	Fe	Al	Pb	Cd	Cr	Cu	
Setor A - Banco do Brasil	0,16	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	1,1	1,26
Setor A - SIAAS	0,10	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	0,10
Setor A - Ponte/Riacho	0,13	0,10	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	1,8	2,03
Setor B -Pista	0,24	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	0,24
Setor C - Lado Sala CA	0,11	0,11	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	1,8	2,02
Setor C - Central Telefônica	0,19	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	0,19
Setor C - Fossa Séptica - CA	0,11	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	0,11
Saída - Lado externo UFCG	0,21	0,18	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	1,1	1,49
Total – Metal Pesado	1,25	0,39	-	-	-	5,8	∑= 7,44

LEGENDA: ND – Não Detectado; 1 - Abaixo do Limite de Detecção do AAS (0,10 mg.L<sup>-1</sup>); 2 - Abaixo do Limite de Detecção do AAS (0,05 mg.L<sup>-1</sup>)

Na Tabela 15 os metais pesados que mais foram detectados na 2ª avaliação foram o Ferro e o Cobre. Na 2ª avaliação, o total de metais pesados foi igual a 7,44 mg.L<sup>-1</sup>. Como ocorreu na 1ª avaliação, todos os valores determinados nos pontos de coleta ficaram abaixo do recomendado pela Portaria N.º 518 do CONAMA. Os valores de Ferro e Cobre da Tabela 15 estão todos abaixo do LMP, mostrando que os metais pesados gerados no *campus* da UFCG não contaminam o meio ambiente.

A Tabela 16 apresenta as concentrações de metais pesados na terceira (3ª) avaliação nos setores A, B, C e saída do *campus*.

Tabela 16. Teor de Metais pesados nos Pontos A, B, C e saída do *campus* - 3ª Avaliação.

Setor – Local	Contaminante – Metais Pesados (mg.L <sup>-1</sup> )						Total Setor
	Fe	Al	Pb	Cd	Cr	Cu	
Setor A - Banco do Brasil	0,15	0,19	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	1,88	2,22
Setor A - SIAAS	0,10	0,18	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	1,00	1,28
Setor A - Ponte/Riacho	0,26	0,19	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	1,55	2,00
Setor B -Pista	0,13	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	0,13
Setor C - Lado Sala CA	0,15	0,11	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	1,99	2,25
Setor C - Central Telefônica	0,19	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	1,11	1,30
Setor C - Fossa Séptica – CA	0,22	0,14	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	1,88	2,24
Saída - Lado externo UFCG	0,11	0,11	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	1,70	1,92
Total – Metal Pesado	1,31	0,92	-	-	-	11,11	Σ= 13,34

LEGENDA: ND – Não Detectado; 1 - Abaixo do Limite de Detecção do AAS (0,10 mg.L<sup>-1</sup>); 2 - Abaixo do Limite de Detecção do AAS (0,05 mg.L<sup>-1</sup>)

Na Tabela 16 os metais pesados que se destacaram e foram detectados na 3ª avaliação foram: o Ferro, Cobre e Alumínio. O valor total de metais pesados na 4ª avaliação foi igual a 13,34 mg.L<sup>-1</sup>. O teor de Ferro encontrado em todos os setores ficaram abaixo de 0,3 que é o limite máximo permissível (LMP) para o metal. Da mesma forma os valores para alumínio e cobre ficaram abaixo aos LMP.

A Tabela 17 apresenta as concentrações de metais pesados na quarta (4ª) avaliação nos setores A, B, C e saída do *Campus*.

Tabela 17. Teor de Metais pesados nos Pontos A, B, C e saída do *campus* - 4ª Avaliação.

Setor – Local	Contaminante – Metais Pesados (mg.L <sup>-1</sup> )						Total Setor
	Fe	Al	Pb	Cd	Cr	Cu	
Setor A - Banco do Brasil	0,29	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	1,9	2,19
Setor A - SIAAS	0,20	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	0,20
Setor A - Ponte/Riacho	0,27	0,19	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	1,45	1,91
Setor B -Pista	0,22	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	0,22
Setor C - Lado Sala CA	0,25	0,15	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	1,65	2,05
Setor C - Central Telefônica	0,19	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	0,19
Setor C - Fossa Séptica – CA	0,19	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	0,19
Saída - Lado externo UFCG	0,17	0,11	ND <sup>1</sup>	ND <sup>2</sup>	ND <sup>1</sup>	1,7	1,98
Total – Metal Pesado	1,78	0,45	-	-	-	6,7	Σ= 8,93

LEGENDA: ND – Não Detectado; 1 - Abaixo do Limite de Detecção do AAS (0,10 mg.L<sup>-1</sup>); 2 - Abaixo do Limite de Detecção do AAS (0,05 mg.L<sup>-1</sup>)

Com base na Tabela 17, o valor total da avaliação 4 foi igual a 8,93 mg.L<sup>-1</sup>.

As Tabelas 14, 15, 16 e 17, indicam que os metais pesados presentes nos setores A, B, C e saída do *campus* ficaram abaixo dos limites máximos permissíveis, para a potabilidade e para aceitação do consumo humano.

No período avaliado, os níveis de metais pesados nos efluentes indicam que em nenhum ponto da UFCG (campo sede) apresenta contaminação por metais pesados acima do estabelecido pela legislação vigente.

Estudos de caracterização e quantificação dos efluentes gerados em campus universitário, SOUZA *et al.*, (1997) e Aquino *et al.*, (1996) determinaram que o efluente final do campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV) apresentava natureza bastante complexa, pois, mais de cem substâncias eram usadas rotineiramente nos laboratórios sem controle de descarte.

Por outro lado, há poucos estudos publicados que tratam da caracterização e quantificação de efluentes de campus universitários. Em relação à concentração de metais pesados no Campus no estado de Minas Gerais, BERTOLINI *et al.*, 2008 caracterizaram e avaliaram o tratamento dos efluentes líquidos produzidos no campus da Universidade Federal de Ouro Preto e encontrou diferentes teores de metais nos pontos avaliados. Os resultados mostraram que não foram encontradas concentrações acima do limite permitido pela Legislação do Estado de Minas Gerais para lançamento em corpos d'água classe 2. Os metais Cromo, Níquel e Cádmiio foram analisados, mas não foram detectados em quaisquer dos pontos de amostragem. Dos metais monitorados, o Ferro (0,847 mg.L<sup>-1</sup>), Alumínio (0,355 mg.L<sup>-1</sup>) e Zinco (0,389 mg.L<sup>-1</sup>) estavam presentes em maiores concentrações, mais ainda assim, tais concentrações são inferiores às concentrações mínimas recomendadas pela legislação.

Os valores encontrados por Bertolini *et al.*, 2008 no campus da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) para os metais pesados Ferro e Alumínio ficaram acima dos encontrados na presente pesquisa. Da mesma forma que ocorreu com os metais Cromo e Cádmiio, não foram detectados na presente pesquisa e no trabalho realizado no campus da Universidade Federal de Ouro Preto. Isso deve-se as características dos efluentes lançados na UFOP e na UFCG.

### 4.3. VALIDAÇÃO DOS INDICADORES E DO MODELO DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL

As Tabelas 18 a 25 apresentam os dados de consumo de água, de energia, de papel, resíduos sólidos, nitrogênio amoniacal, demanda química de oxigênio e metais pesados nas quatro avaliações. Os dados destas tabelas serão: ordenados por categoria de indicador, relativizados, agregados e ponderados, para em seguida obter a avaliação do desempenho ambiental da IES (foco da presente tese).

Vale destacar que as quantificações de água, energia e papel foram nos anos de 2008, 2009, 2010 e 2011 e correspondem as avaliações 1, 2, 3 e 4 respectivamente. Para os indicadores DQO, metais pesados e nitrogênio amoniacal foram quantificadas nos meses de outubro e dezembro de 2012 e fevereiro e março de 2013.

Tabela 18. Consumo de Água (m<sup>3</sup>) nas 4 Avaliações.

<b>Avaliação</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>)</b>
<i>Avaliação<sub>1</sub></i>	71.140
<i>Avaliação<sub>2</sub></i>	81.731
<i>Avaliação<sub>3</sub></i>	97.201
<i>Avaliação<sub>4</sub></i>	108.509

Fonte: Pró-Reitoria de Gestão Administrativo-Financeira – PRGAF (2012).

O maior consumo de água (Tabela 18) foi detectado na quarta (4<sup>a</sup>) avaliação, seguidas pelas avaliações 3, 2 e 1.

A Tabela 19 apresenta o consumo de energia elétrica em kWh.

Tabela 19. Consumo de Energia (kWh)

<b>Avaliação</b>	<b>Consumo (kWh)</b>
<i>Avaliação<sub>1</sub></i>	4.089.759
<i>Avaliação<sub>2</sub></i>	4.698.531
<i>Avaliação<sub>3</sub></i>	4.570.343
<i>Avaliação<sub>4</sub></i>	5.444.990

Fonte: Pró-Reitoria de Gestão Administrativo-Financeira – PRGAF (2012).

O maior consumo de energia elétrica (Tabela 19) foi detectado na quarta avaliação seguida pelas avaliações 2, 3 e 1.

A Tabela 20 apresenta o consumo de Papel consumido no *campus* sede da UFCG as quatro avaliações.

Tabela 20. Consumo de Papel (Unidade)

<b>Avaliação</b>	<b>Consumo (unidade)</b>
<i>Avaliação<sub>1</sub></i>	5.724.730
<i>Avaliação<sub>2</sub></i>	5.604.985
<i>Avaliação<sub>3</sub></i>	1.981.855
<i>Avaliação<sub>4</sub></i>	8.393.706

Fonte: Pró-Reitoria de Gestão Administrativo-Financeira – PRGAF (2012).

A Tabela 21 apresenta o consumo de envelope utilizado no *campus* sede da UFCG as quatro avaliações.

Tabela 21. Consumo de Envelope (Unidade)

<b>Avaliação</b>	<b>Consumo (unidade)</b>
<i>Avaliação<sub>1</sub></i>	482.365
<i>Avaliação<sub>2</sub></i>	114.600
<i>Avaliação<sub>3</sub></i>	94.845
<i>Avaliação<sub>4</sub></i>	93200

Fonte: Pró-Reitoria de Gestão Administrativo-Financeira – PRGAF (2012).

Neste trabalho, os consumos de papele envelope foram considerados na mesma categoria de indicador. Neste caso, visando a padronização do indicador, a Tabela 22 apresenta o somatório dos valores do consumo de papel (soma dos consumos de papel e envelopes).

Tabela 22. Consumo Papel(papel + envelope)

<b>Avaliação</b>	<b>Consumo (unidade)</b>
<i>Avaliação<sub>1</sub></i>	6.207.095
<i>Avaliação<sub>2</sub></i>	5.719.585
<i>Avaliação<sub>3</sub></i>	2.076.700
<i>Avaliação<sub>4</sub></i>	8.486.906

Fonte: Pró-Reitoria de Gestão Administrativo-Financeira – PRGAF (2012).

A Tabela 23 apresenta o quantitativo de resíduos sólidos gerados na UFCG nas quatro avaliações. Observa-se que o quantitativo de resíduos sólidos oscilou nas quatro avaliações.

Tabela 23. Quantidade de Resíduos Sólidos Gerados na UFCG

<b>Avaliação</b>	<b>Quantidade Anual Estimada (kg)</b>	<b>Média Mensal Determinada (kg)</b>
<i>Avaliação<sub>1</sub></i>	20.284,40	1.690,40
<i>Avaliação<sub>2</sub></i>	13.650,00	1.137,50
<i>Avaliação<sub>3</sub></i>	13748,40	1.145,70
<i>Avaliação<sub>4</sub></i>	20.160,00	1.680,00

Fonte: Pró-Reitoria de Gestão Administrativo-Financeira – PRGAF (2012).

A Tabela 24 apresenta a concentração total de metais pesados em cada avaliação. Os valores na Tabela 24 representam o somatório de todos os metais pesados encontrados nos pontos dos setores A, B, C e saída do *campus* da UFCG.

Tabela 24. Teor de Metal Pesado nas 04 Avaliações (somatório de cada avaliação).

<b>Avaliação</b>	<b>Concentração (mg.L<sup>-1</sup>)</b>
<i>Avaliação<sub>1</sub></i>	6,62
<i>Avaliação<sub>2</sub></i>	7,44
<i>Avaliação<sub>3</sub></i>	13,34
<i>Avaliação<sub>4</sub></i>	8,93

Fonte: Elaborada pelo autor da tese (2013).

A Tabela 25 apresenta a concentração total de nitrogênio amoniacal e demanda química de oxigênio em cada avaliação. Portanto, os valores na Tabela 24 representam o somatório de todo nitrogênio amoniacal e da demanda química de oxigênio quantificados nos oito pontos dos setores A, B, C e saída do *campus* da UFCG.

Tabela 25. Teor de Nitrogênio Amoniacal e DQO nas 04 Avaliações (somatório de cada avaliação).

<b>Avaliação</b>	<b>Nitrogênio Amoniacal (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	<b>DQO (mg.L<sup>-1</sup>)</b>
<i>Avaliação<sub>1</sub></i>	5,32	1799,10
<i>Avaliação<sub>2</sub></i>	2,36	1745,11
<i>Avaliação<sub>3</sub></i>	1,96	1579,50
<i>Avaliação<sub>4</sub></i>	3,80	1437,88

Fonte: Elaborada pelo autor da tese (2013).

A partir dos dados contidos nas Tabelas 17 a 25, foi possível fazer a avaliação do desempenho ambiental do *Campus* de Campina Grande e propor o modelo de avaliação do desempenho ambiental com indicadores para a IES.

A Tabela 26 apresenta resumidamente os valores para o consumo de água, consumo de energia e papel, resíduos sólidos, nitrogênio amoniacal, demanda química de oxigênio e contaminantes(metais pesados).

Tabela 26. Peso e Valores dos Indicadores nas Quatro Avaliações

<b>Indicador</b>	<b>Ação</b>	<b>Avaliação<sub>1</sub></b>	<b>Avaliação<sub>2</sub></b>	<b>Avaliação<sub>3</sub></b>	<b>Avaliação<sub>4</sub></b>	<b>Peso (%)</b>
<i>Água (m<sup>3</sup>)</i>		<i>71.140,0</i>	<i>81.731,0</i>	<i>97.201,0</i>	<i>108.509,0</i>	<i>20</i>
<i>Energia (kWh)</i>		<i>4.089.759,0</i>	<i>4.698.531,0</i>	<i>4.570.343,0</i>	<i>5.444.990,0</i>	<i>15</i>
<i>Papel/Envelope (Unidade)</i>		<i>6.207.095,0</i>	<i>5.719.585,0</i>	<i>2.076.700,0</i>	<i>8.486.906,0</i>	<i>10</i>
<i>Resíduos Sólidos – Classe I</i>		<i>0<sup>1</sup></i>	<i>0<sup>1</sup></i>	<i>0<sup>1</sup></i>	<i>0<sup>1</sup></i>	<i>10</i>
<i>Emissões atmosféricas (Gases)</i>		<i>0<sup>2</sup></i>	<i>0<sup>2</sup></i>	<i>0<sup>2</sup></i>	<i>0<sup>2</sup></i>	<i>5</i>
<i>Resíduos Sólidos – Classe II A/B(kg)</i>		<i>1.690,4</i>	<i>1.137,5</i>	<i>1.145,7</i>	<i>1.680,00</i>	<i>10</i>
<i>Nitrogênio Amoniacal(mg.L<sup>-1</sup>)</i>		<i>5,32</i>	<i>2,36</i>	<i>1,96</i>	<i>3,80</i>	<i>5</i>
<i>DQO (mg.L<sup>-1</sup>)</i>		<i>1799,10</i>	<i>1745,11</i>	<i>1579,50</i>	<i>1438,88</i>	<i>10</i>
<i>Contaminante no Esgoto - Metais Pesados (mg.L<sup>-1</sup>)</i>		<i>6,62</i>	<i>7,44</i>	<i>13,34</i>	<i>8,93</i>	<i>15</i>

Fonte: Elaborada pelo autor da tese (2013); 1 – Não Produzido no *campus* sede; 2: Não Realizado.

Antes da agregação e ponderação, foi feita a relativização dos dados, visando deixar os valores da Tabela 26 em uma mesma escala (0 a 1). Foi usada a Equação 10. O exemplo da relativização está apresentado, a seguir, com os valores para o consumo de água.

### **Consumo de Água (m<sup>3</sup>)**

Avaliação<sub>1</sub>:

$$r = \frac{71140}{108509} = 0,665$$

Avaliação<sub>2</sub>:

$$r = \frac{81730}{108509} = 0,753$$

Avaliação<sub>3</sub>:

$$r = \frac{97201}{108509} = 0,895$$

Avaliação<sub>4</sub>: r = 1(maior valor).

Para a avaliação 4, foi adotado o valor 1(maior valor).Os valores relativizados para os indicadores água, energia, papel, resíduos sólidos, gases, nitrogênio amoniacal, DQO e contaminantes estão apresentados na Tabela 27.

Tabela 27. Valores Relativizados para os Indicadores de ADA

Indicador \ Ação	Avaliação <sub>1</sub>	Avaliação <sub>2</sub>	Avaliação <sub>3</sub>	Avaliação <sub>4</sub>	Peso
1. Água (m <sup>3</sup> )	0,665	0,753	0,890	1	0,20
2. Energia (kWh)	0,751	0,836	0,839	1	0,15
3. Papel/Envelope	0,731	0,674	0,245	1	0,10
4. (Unidade)					
5. Resíduos Sólidos – Classe I	0 <sup>1</sup>	0 <sup>1</sup>	0 <sup>1</sup>	0 <sup>1</sup>	0,10
6. Emissões atmosféricas (Gases)	0 <sup>2</sup>	0 <sup>2</sup>	0 <sup>2</sup>	0 <sup>2</sup>	0,05
7. Resíduos Sólidos – Classe II A/B	1	0,671	0,677	0,994	0,10
8. Nitrogênio Amoniacal (mg.L <sup>-1</sup> )	1	0,443	0,369	0,714	0,05
9. DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	1	0,097	0,088	0,080	0,10
10. Contaminante no Esgoto -Metais Pesados	1	0,969	0,878	0,670	0,15
<b>Total</b>	<b>5,643</b>	<b>4,031</b>	<b>4,108</b>	<b>5,458</b>	<b>1</b>

Fonte: Elaborada pelo autor da tese (2013); 1: Não Produzido no *campus* sede; 2: Não Realizado.

O método de agregação adotado foi o da *soma ponderada*. O método de agregação consiste em atribuir um peso para cada indicador e, em seguida, para cada ação (período de avaliação), visando realizar um somatório do produto do peso pela avaliação do indicador. Portanto, resumidamente a soma ponderada consistiu em:

- i. Atribuir pesos para cada indicador;
- ii. Agregação dos dados dos indicadores; e
- iii. Realizar o somatório do produto do peso pela avaliação do indicador.

A Tabela 27 mostra os valores da avaliação do desempenho ambiental da IES, após a ponderação (peso x valor do indicador).

A avaliação do desempenho ambiental (ADA<sub>IES</sub>) da UFCG foi calculada usando a Equação 11:

$$ADA_{IES} = 0,2H_2O + 0,1EE + 0,1Papel + 0,1RS(I) + 0,05gás + 0,1RS(II) + 0,05NH_3 + 0,1DQO + 0,15X \quad (11)$$

A Equação 11 contém todos os indicadores e os seus respectivos pesos.

Onde:

$ADA_{(IES)}$  - Avaliação do Desempenho Ambiental

$H_2O$  - Água

EE - Energia Elétrica

Papel - Quantidade de Papel

RS(I) - Resíduos Sólidos Classe I

Gás - Gases

RS(II) - Resíduos Sólidos Classe II

N-NH<sub>3</sub> - Nitrogênio Amoniacal

DQO - Demanda Química de Oxigênio

X - Contaminante (metal pesado)

Na Tabela 28 estão apresentados os resultados finais da avaliação do desempenho ambiental da UFCG *campus* sede Campina Grande.

Tabela 28. Resultado Final da ADA – *Campus* sede: Campina Grande

Indicador	Ação	Avaliação <sub>1</sub>	Avaliação <sub>2</sub>	Avaliação <sub>3</sub>	Avaliação <sub>4</sub>
	<i>Água (m<sup>3</sup>)</i>		<i>0,1330</i>	<i>0,1506</i>	<i>0,1780</i>
<i>Energia (kWh)</i>		<i>0,1130</i>	<i>0,1250</i>	<i>0,1260</i>	<i>0,1500</i>
<i>Papel (Unidade)</i>		<i>0,0731</i>	<i>0,0674</i>	<i>0,0245</i>	<i>0,1000</i>
<i>Resíduos Sólidos – Classe I</i>		<i>0,0000</i>	<i>0,0000</i>	<i>0,0000</i>	<i>0,0000</i>
<i>Emissões atmosféricas (Gases)</i>		<i>0,0000</i>	<i>0,0000</i>	<i>0,0000</i>	<i>0,0000</i>
<i>Resíduos Sólidos – Classe II A/B</i>		<i>0,100</i>	<i>0,0671</i>	<i>0,0677</i>	<i>0,0998</i>
<i>Lançamento de Nitrogênio Amoniacal N- NH<sub>3</sub></i>		<i>0,050</i>	<i>0,0222</i>	<i>0,0198</i>	<i>0,0357</i>
<i>Lançamento de Efluentes – DQO</i>		<i>0,100</i>	<i>0,097</i>	<i>0,088</i>	<i>0,080</i>
<i>Lançamento de Efluentes – Metais Pesados (contaminante)</i>		<i>0,0740</i>	<i>0,0840</i>	<i>0,1500</i>	<i>0,1010</i>
<i>Valor da Avaliação (Σ)</i>		<i>0,6431</i>	<i>0,6133</i>	<i>0,6540</i>	<i>0,7665</i>
<i>Avaliação do Desempenho Ambiental</i>		<i>2º Lugar</i>	<i>1º Lugar</i>	<i>3º Lugar</i>	<i>4º Lugar (pior Avaliação)</i>

Fonte: Elaborada pelo autor da tese (2013).

Com o resultado da Tabela 28 pode-se avaliar o desempenho ambiental da UFCG (campus sede) nas quatro avaliações e comparar entre si os valores obtidos. Considera-se que o maior valor obtido implicará em uma pior avaliação. O resultado final mostra que o pior desempenho foi alcançado na 4ª (quarta) avaliação (maior valor significa pior avaliação).

Com a aplicação da Equação 11 (modelo de ADA<sub>IES</sub>) será possível fazer a gestão ambiental em função da ISO 14.031 e iniciar os estudos para a certificação ISO 14.001 de Instituição de Ensino Superior. Na Tabela 28, a 4ª (quarta) avaliação mostrou que os indicadores água, energia e papel contribuíram com maior valor para que a 4ª avaliação obtivesse o pior desempenho ambiental.

Neste caso, o uso do modelo de avaliação de desempenho ambiental apresentado (Equação 11) terá utilidade para:

- i. Avaliar o desempenho ambiental da IES com um conjunto definido de indicadores;
- ii. Quantificar os aspectos e os problemas ambientais que causam impactos negativos ao meio ambiente, ou seja, quantificar ambientalmente a IES; e
- iii. Subsidiar a implantação da ISO 14.001 em IES, contribuindo na proposição de metas, objetivos e elaboração do plano de gestão ambiental.

Finalmente, com os resultados obtidos para: i) caracterização e quantificação dos efluentes; ii) classificação dos resíduos sólidos e iii) obtenção do modelo de avaliação de IES, pode-se, ainda, acrescentar:

- As Instituições de Ensino Superior (IES) no desenvolvimento de novas tecnologias e novos conhecimentos estão inseridas, segundo a USEPA (*United States Environmental Protection Agency*), no grupo de pequenas unidades geradoras de resíduos perigosos. As IES ao conduzir experimentos nos laboratórios de ensino e pesquisa tornam-se potencialmente poluidoras, pois a gestão dos resíduos gerados nas universidades e centros de pesquisa praticamente inexistente.
- A revisão da literatura sobre a sustentabilidade ambiental das IES, mostra que de fato ainda são poucas as universidades que saíram do campo teórico para a prática, e segundo Tauchen e Brandli (2006) apenas quatro universidades brasileiras vêm implantando um sistema de gestão ambiental (SGA). A partir de agora a UFCG entra no rol das universidades que potencialmente poderá implantar o SGA e torna-se a primeira (1ª) em realizar a *Avaliação do Desempenho Ambiental* (ADA) aqui o Brasil.

### 5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Com a realização da presente pesquisa pode-se concluir que:

- i. O modelo, aqui proposto, e a forma de avaliar uma IES contribuirão para uma sociedade mais justa, mais equilibrada, fortemente comprometida com as gerações futuras e que seja, finalmente, exemplo de uma Universidade Ambientalmente Sustentável;
- ii. O modelo de Avaliação de Desempenho Ambiental aqui desenvolvido, pelo seu ineditismo, certamente servirá para que as demais IES do Brasil avaliem seus desempenhos e busquem também certificação em conformidade com o modelo e com a ISO 14.001.
- iii. O modelo de avaliação proposto, seguramente, pode ser aplicado em IES com a finalidade de realizar a gestão e a avaliação ambiental;
- iv. A UFCG, do ponto de vista dos seus consumos de água, energia e papel, está abaixo dos padrões internacionais recomendados, embora possa melhorar muito com políticas educacionais e eficiência na gestão;
- v. Os indicadores de desempenho ambiental água e energia foram limitantes na avaliação;
- vi. Existem poucos trabalhos científicos e nenhuma Dissertação ou Tese no Brasil para avaliar o desempenho ambiental de Instituições de Ensino Superior com seus respectivos indicadores ambientais nos moldes da ISO 14.031;
- vii. Com o aumento das Instituições de Ensino Superior no Brasil é importante que sejam estimuladas a aplicação da avaliação ambiental como ferramenta adequada para a gestão ambiental, incorporando-os às rotinas das organizações;
- viii. A UFCG, do ponto de vista dos seus consumos de água, energia e papel, está abaixo dos padrões internacionais recomendados, embora possa melhorar muito com políticas educacionais e eficiência na gestão;
- ix. A UFCG do ponto de vista de produção e geração dos seus efluentes, não contamina o meio ambiente com metais pesados ou, em especial, a rede coletora onde seus esgotos e efluentes são despejados;

- x. Os metais pesados nos efluentes nos seus diversos laboratórios, e despejados na rede de esgoto interna da UFCG, não são suficientes para provocar danos ao meio ambiente;
- xi. A metodologia de composição de um Painel de Especialista dá segurança ao modelo proposto e se reveste em uma forma científica;
- xii. Pode-se implantar de uma política de gestão ambiental por parte da UFCG, a partir dos dados e informações aqui apresentados. É possível que a UFCG, a exemplo de universidades Europeias, Asiáticas e Americanas, buscar sua certificação, via ISO 14.001.

Com a realização da pesquisa pode-se sugerir:

- i. Realizar a avaliação do desempenho ambiental de IES, nos moldes da ISO 14.001 com os indicadores do presente modelo;
- ii. Iniciar o estudo de implantação da ISO 14.001 em IES adotando os indicadores aqui sugeridos.

## REFERÊNCIAS

AGENDA 21 GLOBAL, 1996. **Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos: Aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos**. Capítulo XVII. Extraído de [www.mma.gov.br/](http://www.mma.gov.br/).

AEDO, I., CATENAZZI, N. e DIAZ, P. (1996). **The Evaluation of a Hypermedia Learning Environment: The CESAR Experience**. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 5(1): 49-72.

ANNEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Agência Nacional de Energia Elétrica. 3. ed. – Brasília: Aneel, 2008.

AQUINO, S. F. et al. **Caracterização dos efluentes produzidos pela Universidade Federal de Viçosa (UFV)**. In: Relatório anual de pesquisa. Universidade Federal de Viçosa, 20 p. 1996.

ARAÚJO, R.S; VIANA, V. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Gerados na Escola de Arte, Ciências e Humanidades (EACH) como Instrumento para a Elaboração de Plano de Gestão na Unidade**. *Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*. v(8), nº 8, p. 1805-1817, Set-Dez, 2012.

ANDRADE, R. O. B. de; TACHIZAWA, T.; CARVALHO, A. B. de. **Gestão ambiental: enfoque estratégico aplicado ao desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Makron Books, 2000.

APHA - AWWA - WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 18 th ed. Washington, D. C.: AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR 10.004: Resíduos Sólidos - Classificação**. CENWin, Versão Digital, ABNT NBR 10.004, 71p, 2004<sub>a</sub>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR 10.005: Procedimentos para obtenção de Extrato Lixiviado de Resíduos Sólidos**. CENWin, Versão Digital, 16p, 2004<sub>b</sub>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR 10.006: Procedimentos para obtenção de Extrato Solubilizado de Resíduos Sólidos**. CENWin, Versão Digital, 16p, 2004<sub>c</sub>.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - **ABNT NBR ISO14.031- Gestão Ambiental - Avaliação de Desempenho Ambiental** – Diretrizes, 1ª Edição, Rio de Janeiro, Brasil, 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **ABNT NBR ISO 14.001:2004 – Sistema de gestão ambiental – requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

CUNHA, R. S. da **Avaliação do Desempenho Ambiental de Uma Indústria de Processamento de Alumínio**. Florianópolis, Outubro, 100f, 2001.

DELGADO, C. C. J.; VÉLEZ, C. Q. **Sistema de Gestão Ambiental Universitário: Caso Politécnico Gran Colombiano**, 2005. Disponível em: <http://ecnam.udistrital.edu.co>. Acesso em 20 de Jan. de 2012.

DEMAJOROVIC, J.; VILELA, A. J. (Org.). **Modelos e ferramentas de gestão ambiental: desafios e perspectivas para as organizações**. Senac: São Paulo, 2006.

DEUS, A. B. S., CLARKE, R. T., LUCA, S. J. **Índice de Impacto dos Resíduos Sólidos Urbanos na Saúde Pública (IIRSP): Metodologia e Aplicação**, Engenharia Sanitária e Ambiental, volume 9, nº 4, Out./Dez. 2004

DIAZ-MORENO, A. B. **Possibilidades metodológicas de aplicacion de indicadores ambientales a nível municipal**. *Revista de Estudos Ambientais*. Blumenau, v. 1, n. 1, jan./abr. 1999, p. 77-95.

ENGEMA – **Encontro Nacional Sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente**. CURITIBA, 19 a 21 de novembro de 2007.

FERES, Y.N; ANTUNES, F.Z. **Gestão Ambiental em Instituições de Ensino: Programa Eco eficiência e Sistema de Gestão Ambiental do SENAC-SP**. IX.

FONSECA, F.F.A. **Mundo em Crise: Economia, Ecologia, Energia**. São Paulo: Signus, 1999, 171, p.

GASPARINI, L. V. L. **Análise das inter-relações de indicadores econômicos, ambientais e sociais para o desenvolvimento sustentável**. 2003. 221 f. Dissertação – Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

Global Reporting Initiative. **Sustainability Reporting Guidelines**. Setembro de 2006. Disponível em [http://www.globalreporting.org/NR/rdonlyres/A1FB5501-B0DE-4B69-A900-27DD8A4C2839/0/G3\\_GuidelinesENG.pdf](http://www.globalreporting.org/NR/rdonlyres/A1FB5501-B0DE-4B69-A900-27DD8A4C2839/0/G3_GuidelinesENG.pdf). Acesso: Março 2012.

GUINÉE, J.B. **Environmental Life Cycle Assessment**. Draft Background, Nederland: Leiden University, 1998, 133p.

GEOCAPES. Acesso em: 06/062012. <http://geocapes.capes.gov.br/geocapesds>. 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Sinopse Estatística da Educação Básica 2001 e 2009**. Disponíveis em: <http://www.inep.gov.br>. Acesso em: 20 jan. 2012.

JORNAL DA UFLA. Disponível em <http://www.ufla.br/ascom/index.php/jornal-maio/>. Acesso em setembro de 2012.

KUHRE, W. Lee, 1998. **ISO 14031 Environmental performance evaluation EPE**. New Jersey. Prentice Hall PTR.

LEVERIDGE, L. **Evaluation of Computer - Assisted Systems.***Computers in Medicine*, 12 (4):90-96.

LOMBORG, B. **O Ambientalista Cético.** 5ª Edição, São Paulo: Campus/Elsevier, 2002.

LOMBORG, B. **Smart Solutions to Climate Change.** Cambridge University Press. United Kingdom. 2010.

MADEIRA, A.C.F.D. **INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR.** 2008, 220p f. Dissertação. Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2008.

MAYSTRE, L., PICTET, J., SIMOS, J., 1994. **Methodes multicriteres ELECTRE – Description, conseils pratiques et cas d’application a la gestion environnementale.** Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.

MADEIRA, A.C. F. D. **Indicadores de Sustentabilidade Para IES.** Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, 2009.

MARTINS, A. F.; SILVEIRA, D. D. **Gestão de resíduos em universidades: a experiência da Universidade Federal de Santa Maria.** In: CONTO, S. M. de (org.). *Gestão de resíduos em universidades.* Caxias do Sul: Educs, 201

METCALF; EDDY. **Wastewater engineering: treatment and reuse.** 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1991

MITCHELL, G. **Problems and Fundamentals of sustainable development indicators,** 2004. Disponível em: <http://www.lec.leeds.ac.uk/people/Gordon.html>. Acesso em 17 jun. 2009.

Ministério da Saúde – MS. **Portaria MS Nº 2914 de 12/12/2011,** 2011.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – GOVERNO FEDERAL. **REUNI – Reestruturação e Expansão das Universidades Federais.** Disponível em <http://reuni.mec.gov.br>. Acesso em 25 de abril de 2012.

Moraes, S.L de; Motta, F.M; Shibata; Teixeira, C.E. A.P. **Concepção de Um sistema de Gestão da Qualidade: Estudo de Caso de Um Instituto de Pesquisa.***Sistemas & Gestão.* 7 (2012), pp 554-568.

MURRY Jr. J; HAMMONS, J.O. **Delphi: a versatile methodology for conducting qualitative research.** *The Review of Higher Education*, v.4, p.423-436, 1995

NARDY, M.B.C; CUNHA, M.E. G; BICHARA, J; POLI, M. **Análise de Processos em IES Visando a Implantação de um SGA.** Revista de Ciências Gerenciais. IPADE. Vol. 14, Nº. 12, Ano 2011.

NOLASCO, F. R.; TAVARES, G; A; BENDASSOLLI, J. A. **Establishment of Laboratory waste Management Programs in Universities: critical review and recommendations.** *Revista Eng. sanitária Ambiental*, vol. 11, n. 2, abril – junho, p. 118-124, 2006.

OLIVEIRA, B.C. de; AMORIM, C. **Diagnóstico e Caracterização dos Aspectos Ambientais para Implantação do Sistema de Gestão Ambiental: Caso PUC Minas.** V Seminário PUC MINAS. 2010.

Organização das Nações Unidas – ONU. **Indicators Sustainable of Devepolement: Framework and Methodologies.** Disponível em [WWW.fao.org](http://WWW.fao.org). Acesso janeiro de 2012.

OHLWEILER, O. A. **Química analítica quantitativa.** 3.ed. Rio de Janeiro: LTC. 1981. 226p.

OIUDSMA. **Asociacion internacional de universidades por el desarrollosostenible y el medio ambiente,** 2002. Disponível em: [www.ugr.es/oiudsma/welcome/htm](http://www.ugr.es/oiudsma/welcome/htm). Acesso em 10 Fev. 2111.

ORTEGA FILHO, S. **O potencial da agroindústria canavieira do Brasil.** Semana, PHB Industrial, 2003. 9 p.

PIZA, F. J. T., GREGORI, L. 1999. **Indicador de Salubridade Ambiental – ISA.** In: 20º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: ABES. 1 CD-ROM.

**PORTARIA N.º 518, de 25 de Março de 2004.** Procedimentos e Responsabilidades Relativos ao Controle e Vigilância da Qualidade da Água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. MS, 2004.

PROJETO MEMÓRIA – UFCG. **Acervo fotográfico da Universidade Federal de Campina Grande.** Disponível em <http://www.ch.ufcg.edu.br/pmemoria/historico.htm>. acesso em 30 junho de 2012.

Prefeitura Universitária da UFCG. **Informações referentes ao CampusSede da UFCG.** 2010.

Pró-Reitoria de Gestão Administrativo-Financeira – PRGAF. **Informações referentes a aos dados de Consumo - Campus Sede da UFCG.** 2012.

RAPPORT, D. J. **Evolution of Indicator of EcosystemHealt, Ecological Indicators,** vol -I, Elsevier Applied Science, 1990pp-121-134.

REIS, Maurício J. L., 1996. **ISO 14000: Gerenciamento ambiental - Um novo desafio para a sua competitividade .** Rio de Janeiro, ed. Qualitymark

**RESOLUÇÃO N° 430, de 13 de Maio de 2011.** Condições e padrões de lançamento de efluentes. CONAMA, 2011.

RIBEIRO, A. L. *et al.* **Avaliação de barreiras para implementação de um sistema de gestão ambiental na UFRGS.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 25., Porto Alegre, 2005.

SEPALA, J. **Decision Analysis as a toll for life Cycle Assessment.** Germany: Ecomed publishers, 1999.

Secretaria de Recursos Humanos e Pró-Reitoria de Ensino da UFCG. **Dados Quantitativos da UFCG – Campus Campina Grande,** 2012.

SETTE, T.C.C. **Desenvolvimento de Uma Proposta de Indicadores Para Avaliação Ambiental dos Processos Produtivos Industriais sob a Ótica Biométrica**. Dissertação de Mestrado, 143f. 2010.

SHIKLOMANOV.R. **World Water resources at the beginning of the 21st century**.IHP/UNESCO, Washington, 2003.

SOARES, S.R. **Gestão e Planejamento ambiental**. Apostila UFSC/ENS,2006, 136p.

SOUZA, H. N.; OLIVEIRA, J. A.; BASTOS, R. K. X. **Determinação da tratabilidade e toxicidade dos efluentes produzidos na UFV**. In: Relatório anual de pesquisa. Universidade Federal de Viçosa, 52 p. 1997.

TAUCHEN, J; BRANDLI, L.L. **A GESTÃO AMBIENTAL EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR: MODELO PARA IMPLANTAÇÃO EM CAMPUS UNIVERSITÁRIO**. Revista de Gestão e Produção. v.13, n.3, p.503-515, set.-dez. 2006.

Teixeira, C.E; Moraes, S.L; Motta, F.G; Shibata, A.P. **Concepção de Um Sistema de Gestão de Resíduos de Laboratório: Estudo de Caso de Um Instituto de Pesquisa**. *Revista Eletrônica Sistemas & Gestão*. Volume 7, Número 4, 2012, pp. 554-568. 2012

**United Nations Development Programme (UNDP)**, Human Development Report 2000, Oxford, Nova York – 2000.

TAUCHEN, J. A. **Um modelo de Gestão Ambiental para a Implantação em Instituições de ensino superior**, 2007, 149f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade de Passo Fundo, 2007.

TOMMASI, L. R. **Estudo de impacto ambiental**. São Paulo: CETESB, 1994.

Van Haandel A.; Van der Lubbe J. **Handbook Biological Waste Water Treatment**. Quist Publishing - Leidschendam - The Netherlands. 2007.

VERDE CAMPUS. UNISINOS, 1997. Disponível em: <http://www.inisinos.br/verdecampus>. Engenharia, Universidade de Passo Fundo, 2007.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. 3ª ed, 2005. 452 p.

ZAMBRANO, L.M. A; BASTOS, L.E.G; SLAMA, J.G. (2004) **Gestão ambiental e avaliação do desempenho da edificação: estudo de caso na indústria farmacêutica**. In: I ClaCS'04 - ENTAC'04. São Paulo.

## APÊNDICE A – Questionário – Painel de Especialistas



**Universidade Federal de Campina Grande – UFCG**  
**Unidade Acadêmica de Engenharia Química - UA EQ**  
**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - PPGEQ**

### QUESTIONÁRIO

Marcar com um X os *Indicadores Imprescindíveis* para Avaliação do Desempenho Ambiental (ADA) de uma Instituição de Ensino Superior (IES).

Para as alternativas assinaladas, caso necessário, por favor, justificar a resposta. Assinalar no mínimo 05 alternativas dentre as questões abaixo.

1 - Consumo de Água .....( )

Por quê:

2 - Consumo de Energia Elétrica .....( )

Por quê:

3 - Consumo de Papel .....( )

Por quê:

Por quê:

4 - Geração de Resíduo Sólido Perigoso (Classe I) .....( )

Por quê:

5 - Geração de Resíduo Sólido Não Perigoso (Classe IIA e IIB): Plásticos, pilhas, vidros, lâmpadas....( )

Por quê:

6 - Efluente gerado na IES com elevada DQO(matéria orgânica).....( )

Por quê:

7 - Efluente gerado na IES e Contaminado com Metais Pesados.....( )

Por quê:

8 - Efluente gerado na IES e rico em Nitrogênio.....( )

Por quê:

09 - Emissão Gasosa (p. ex.: dióxido de carbono, monóxido de carbono, gás sulfídrico, etc.....( )

Por quê:

09 - Emissão Gasosa (p. ex.: dióxido de carbono, monóxido de carbono, gás sulfídrico, etc.....( )

Por quê:

10 - Outros: ( ) Qual?:

Por quê:

## APÊNDICE B – Procedimento: Determinação de Nitrogênio Amoniacal

### Procedimento: Determinação de NITROGÊNIO AMONIACAL

O método NITROGÊNIO AMONIACAL é executado por meio de digestão ácida a 350° C com ácido sulfúrico concentrado e mistura digestora. O nitrogênio é transformado em amônia, que reage com o ácido sulfúrico formando sulfato de amônia. Durante a destilação, a amônia é liberada pela adição de hidróxido de sódio, destilada dentro de uma quantidade conhecida de ácido bórico saturado e titulada com ácido sulfúrico 0,02 N (Standard Methods for the Examination Of Water And Wastewater, 2005; Ohlweiler, 1981). A seguir será apresentada a metodologia para determinação de Nitrogênio Amoniacal.

#### Preparação das soluções

- Preparar a solução digestora;
- Preparar o resíduo sólido (secar a  $105 \pm 5^\circ \text{C}$ );
- Preparar a solução titulante de ácido sulfúrico;
- Preparar a solução alcalinizadora de NaOH;
- Preparar os indicadores.

#### Digestão do Resíduo sólido

- Ligar o bloco digestor a temperatura de 100° C;
- Pesar 0,1000g ou 0,10 g da amostra previamente seca a  $105 \pm 5^\circ \text{C}$  no tubo de digestão;
- Adicionar 10 mL da solução digestora;
  - Adicionar o tubo de digestão + amostra + solução digestora no bloco pré-aquecido, seguindo a sequência abaixo;
  - 15 minutos a 100° C (não ultrapassar 100° C) da seguinte forma: 15 minutos a 150° C; 45 minutos a 250° C e 45 minutos a 370° C.

#### Destilação

- Colocar o tubo de digestão + amostra digerida no equipamento caldeira-micro destilador (vedar bem o tubo na parte superior com cuidado para não exercer elevada pressão);
- Fechar a porta de acrílico;
- Adicionar 10 mL da solução alcalinizadora de NaOH no copo dosador de NaOH;
- Colocar na saída do condensador o erlemeyer contendo ácido bórico mais indicador misto;
- Abrir a torneira dosadora de NaOH (10 mL) até que toda solução entre em contato com a solução digestora + amostra digerida;
- Imediatamente ligar a chave de aquecimento e aguardar a destilação;
- Coletar  $\pm 50 \text{ mL}$  da solução destilada no erlemeyer contendo ácido bórico + indicadores mistos;

#### Titulação

Titular a solução destilada no erlemeyer contendo ácido bórico + indicadores mistos com a solução titulante de 0,02N de ácido sulfúrico.

## APÊNDICE C – Procedimento: Determinação da Demanda Química de Oxigênio - DQO

- O procedimento adotado para determinação da DQO seguirá as recomendações propostas pela APHA (2005): método do refluxo fechado.
- O ensaio de DQO será realizado segundo a sequência abaixo:
- Diluir a amostra (quando necessário)
- Pipetar 1,5 ml da solução digestora no tubo de digestão;
- Adicionar 2,5 ml da amostra;
- Adicionar 3,5 da solução catalisadora, de modo que ela desça pelo lado do tubo e forme uma camada;
- Fechar o tubo e homogeneizar no agitador
- Colocar para digerir durante 2hrs (a amostra ficará na cor amarela) a 150°C.
- Esperar esfriar (temperatura ambiente)
- Preparar a amostra padrão (1,5 da digestora, 1,5 de água destilada e 3,5 de ácido sulfúrico concentrado) e espera esfriar.
- Transferir o conteúdo do tubo de digestão para um frasco de erlenmeyer de 100 ml. Lavar o tudo de com água destilada, usando água suficiente para produzir um volume final de 25 ml. Adicionar uma gota de solução indicadora de ferroína e misturar bem.
- Titular com a solução de sulfato ferroso amoniacal até que a cor azul pálida mude para castanho. Chamar o volume de solução ferrosa gasto de **VPA**.
- Titular a prova em branco digerida, que foi preparada com 2,5 ml de água destilada em lugar da amostra. Chamar o volume de solução ferrosa gasto de **VPB**.
- Pipetar 1,5 ml da solução de digestão em um frasco erlenmeyer de 100 ml de volume.
- Adicionar 15 ml de água e 3,5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado, com agitação contínua esfriar.
- Adicionar uma gota de solução indicadora de ferroína e titular esta prova padrão com solução de sulfato ferroso amoniacal até que a cor azul mude para castanho. Chamar o volume de solução ferrosa gasto de **VP**.

### Preparação das soluções

#### Solução digestora

Dissolver 10,216 g de dicromato de potássio, seco a 103°C durante 2 horas, e 33,3g de sulfato de mercúrio em aproximadamente 500 ml de água destilada. A esta solução adicionar 167 ml de ácido sulfúrico concentrado, com cuidado e sob resfriamento. Transferir para um balão volumétrico e diluir para o volume de 1000 ml em água destilada. Misturar bem;

#### Solução catalisadora

Adicionar 10 g de sulfato de prata, Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, na forma de cristais ou pó, em 1000 ml de ácido sulfúrico concentrado, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Deixar em repouso durante 1 a 2 dias para dissolver o sulfato de prata.

#### Solução padrão de sulfato ferroso amoniacal, 0,025 N.

Dissolver 9,80 g de sulfato ferroso amoniacal hexa hidratado em aproximadamente 80 ml de água destilada e adicionar 20 ml de ácido sulfúrico concentrado. Transferir para um balão volumétrico de 1 litro e completar o volume com água destilada. Misturar bem. A padronização da solução faz-se necessária em face da mudança de concentração contínua por ela experimentada em decorrência da oxidação do ferro ferroso pelo oxigênio do ar. Assim, sempre que a solução tiver que ser utilizada para quantificação do resíduo de um volume definido de solução de dicromato de potássio (solução da digestão) de concentração conhecida.

**Padronização:** Pipetar 1,50 ml da solução de digestão em um frasco de erlenmeyer de 100 ml de volume. Adicionar 15 ml de água destilada e 3,5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado com agitação contínua. Deixar esfriar. Adicionar uma gota da solução indicadora de ferroína e titular com a solução de sulfato ferroso amoniacal, até que a cor azul mude para castanho. Anotar o volume gasto na titulação desta prova padrão e determinar a da solução de sulfato ferroso amoniacal pelo princípio da equivalência.

#### Solução indicadora de ferroína

#### Ácido sulfúrico concentrado- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

A DQO será obtida através da seguinte expressão:

$$DQO(mg \frac{O_2}{l}) = \frac{(VPB - VPA) \times 1000}{VP}$$

Onde:

**VPA:** Volume da solução ferrosa gasto na titulação da prova que contém a amostra, ml;

**VPB:** Volume da solução ferrosa gasto na titulação da prova em branco, ml;

**VP:** Volume da solução ferrosa gasto na titulação da prova padrão, ml.

**APÊNDICE D – Tabelas com o consumo de Água, Energia Elétrica e Papel/Envelope**

Tabela 29. Consumo total de água nas quatro avaliações (m<sup>3</sup> x R\$)

<b>Avaliação 1</b>			<b>Avaliação 3</b>		
Mês	Consumo (m <sup>3</sup> )	Consumo (R\$)	Mês	Consumo (m <sup>3</sup> )	Consumo (R\$)
<i>Janeiro</i>	5.049	R\$ 30.207,29	<i>Janeiro</i>	7.039	R\$ 44.623,05
<i>Fevereiro</i>	5.072	R\$ 30.218,73	<i>Fevereiro</i>	10.190	R\$ 64.302,07
<i>Março</i>	6.132	R\$ 36.808,17	<i>Março</i>	4.416	R\$ 29.394,32
<i>Abril</i>	5.347	R\$ 33.010,09	<i>Abril</i>	5.397	R\$ 55.906,14
<i>Mai</i>	5.275	R\$ 31.837,49	<i>Mai</i>	8.869	R\$ 57.806,00
<i>Junho</i>	5.251	R\$ 33.787,43	<i>Junho</i>	10.663	R\$ 68.805,89
<i>Julho</i>	5.809	R\$ 37.825,10	<i>Julho</i>	7.030	R\$ 45.626,61
<i>Agosto</i>	5.957	R\$ 38.915,21	<i>Agosto</i>	8.714	R\$ 58.139,28
<i>Setembro</i>	5.781	R\$ 36.923,78	<i>Setembro</i>	8.053	R\$ 52.249,77
<i>Outubro</i>	7.574	R\$ 49.127,88	<i>Outubro</i>	8.780	R\$ 62.201,10
<i>Novembro</i>	5.717	R\$ 37.234,37	<i>Novembro</i>	9.021	R\$ 58.380,10
<i>Dezembro</i>	8.176	R\$ 52.166,68	<i>Dezembro</i>	9.029	R\$ 64.732,48
<b>Total Anual</b>	<b>71.140</b>	<b>R\$ 448.062,22</b>	<b>Total Anual</b>	<b>97.201</b>	<b>R\$ 662.166,81</b>
<b>Avaliação 2</b>			<b>Avaliação 4</b>		
Mês	Consumo (m <sup>3</sup> )	Consumo (R\$)	Mês	Consumo (m <sup>3</sup> )	Consumo (R\$)
<i>Janeiro</i>	5.589	R\$ 35.134,39	<i>Janeiro</i>	7.370	R\$ 48.585,31
<i>Fevereiro</i>	5.714	R\$ 36.119,90	<i>Fevereiro</i>	8.232	R\$ 53.804,74
<i>Março</i>	5.495	R\$ 34.729,04	<i>Março</i>	8.569	R\$ 56.656,90
<i>Abril</i>	7.884	R\$ 50.116,04	<i>Abril</i>	8.414	R\$ 55.987,52
<i>Mai</i>	6.205	R\$ 39.634,01	<i>Mai</i>	8.929	R\$ 56.324,60
<i>Junho</i>	5.844	R\$ 35.554,79	<i>Junho</i>	10.228	R\$ 77.334,53
<i>Julho</i>	5.810	R\$ 37.168,89	<i>Julho</i>	9.197	R\$ 70.646,75
<i>Agosto</i>	5.603	R\$ 35.967,39	<i>Agosto</i>	8.052	R\$ 62.837,46
<i>Setembro</i>	6.169	R\$ 39.774,69	<i>Setembro</i>	8.541	R\$ 65.535,31
<i>Outubro</i>	6.688	R\$ 42.565,94	<i>Outubro</i>	9.391	R\$ 71.908,80
<i>Novembro</i>	6.510	R\$ 41.509,43	<i>Novembro</i>	10.308	R\$ 78.307,15
<i>Dezembro</i>	14.220	R\$ 89.548,98	<i>Dezembro</i>	11.278	R\$ 84.585,00
<b>Total Anual</b>	<b>81.731</b>	<b>R\$ 517.823,49</b>	<b>Total Anual</b>	<b>108.509</b>	<b>R\$ 782.514,07</b>

Fonte: Pró-Reitoria de Gestão Administrativo-Financeira – PRGAF(2012)

Tabela 30. Consumo total de energia elétrica nas quatro avaliações (m<sup>3</sup> x R\$)

Avaliação 1			Avaliação 3		
Mês	Consumo (kwh)	Consumo (R\$)	Mês	Consumo (kwh)	Consumo (R\$)
<i>Janeiro</i>	260.314	R\$ 97.573,85	<i>Janeiro</i>	251.811	R\$ 100.341,28
<i>Fevereiro</i>	326.685	R\$ 119.792,03	<i>Fevereiro</i>	312.556	R\$ 109.327,08
<i>Março</i>	378.519	R\$ 137.521,50	<i>Março</i>	502.682	R\$ 187.057,05
<i>Abril</i>	364.203	R\$ 120.996,23	<i>Abril</i>	438.584	R\$ 173.111,49
<i>Mai</i>	380.573	R\$ 133.549,17	<i>Mai</i>	450.967	R\$ 172.636,06
<i>Junho</i>	309.325	R\$ 113.426,37	<i>Junho</i>	339.107	R\$ 145.477,10
<i>Julho</i>	310.733	R\$ 119.677,54	<i>Julho</i>	325.592	R\$ 117.766,92
<i>Agosto</i>	299.839	R\$ 109.947,96	<i>Agosto</i>	343.776	R\$ 122.015,39
<i>Setembro</i>	341.066	R\$ 125.065,76	<i>Setembro</i>	368.942	R\$ 143.375,17
<i>Outubro</i>	369.165	R\$ 135.368,21	<i>Outubro</i>	411.037	R\$ 172.713,82
<i>Novembro</i>	380.289	R\$ 148.954,19	<i>Novembro</i>	450.909	R\$ 185.775,50
<i>Dezembro</i>	369.048	R\$ 142.137,51	<i>Dezembro</i>	374.380	R\$ 147.194,33
<b>Total Anual</b>	<b>4.089.759</b>	<b>R\$ 1.504.010,32</b>	<b>Total Anual</b>	<b>4.570.343</b>	<b>R\$ 1.776.791,19</b>
Avaliação 2			Avaliação 4		
Mês	Consumo (kwh)	Consumo (R\$)	Mês	Consumo (kwh)	Consumo (R\$)
<i>Janeiro</i>	256.144	R\$ 97.768,08	<i>Janeiro</i>	278.206	R\$ 98.254,19
<i>Fevereiro</i>	468.282	R\$ 130.368,90	<i>Fevereiro</i>	634.512	R\$ 178.489,24
<i>Março</i>	578.866	R\$ 160.941,15	<i>Março</i>	851.879	R\$ 239.559,92
<i>Abril</i>	369.451	R\$ 137.560,46	<i>Abril</i>	449.153	R\$ 218.800,72
<i>Mai</i>	377.121	R\$ 137.388,13	<i>Mai</i>	466.584	R\$ 209.634,97
<i>Junho</i>	313.657	R\$ 122.195,00	<i>Junho</i>	371.365	R\$ 172.956,32
<i>Julho</i>	334.544	R\$ 126.475,20	<i>Julho</i>	311.738	R\$ 130.000,08
<i>Agosto</i>	325.494	R\$ 123.823,84	<i>Agosto</i>	385.026	R\$ 156.322,78
<i>Setembro</i>	356.447	R\$ 130.489,55	<i>Setembro</i>	398.799	R\$ 164.263,80
<i>Outubro</i>	389.619	R\$ 157.499,12	<i>Outubro</i>	443.268	R\$ 174.796,99
<i>Novembro</i>	574.452	R\$ 159.927,53	<i>Novembro</i>	463.527	R\$ 185.174,52
<i>Dezembro</i>	354.454	R\$ 148.037,40	<i>Dezembro</i>	390.933	R\$ 149.693,31
<b>Total Anual</b>	<b>4.698.531</b>	<b>R\$ 1.632.474,36</b>	<b>Total Anual</b>	<b>5.444.990</b>	<b>R\$ 2.077.946,84</b>

Fonte: Pró-Reitoria de Gestão Administrativo-Financeira – PRGAF(2012)

Tabela 31. Consumo total de Papel/envelope nas quatro avaliações(Unidade)

<b>Avaliações: 1 a 4</b>	<b>Papel/Envelope</b>
Avaliação 1	6207095,00
Avaliação 2	5719585,00
Avaliação 3	2076700,00
Avaliação 4	8486906,00

Fonte: Pró-Reitoria de Gestão Administrativo-Financeira – PRGAF(2012).