

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO (MESTRADO E
DOUTORADO) EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CONTABILIDADE EM EMERGIA DE
CURSOS DE GRADUAÇÃO DA
UNIVERSIDADE PAULISTA:
ENGENHARIA, FARMÁCIA E
ADMINISTRAÇÃO

Ana Paula Zaccaria dos Santos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista, UNIP para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

São Paulo

2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO (MESTRADO E
DOUTORADO) EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CONTABILIDADE EM EMERGIA DE
CURSOS DE GRADUAÇÃO DA
UNIVERSIDADE PAULISTA:
ENGENHARIA, FARMÁCIA E
ADMINISTRAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista, UNIP para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Orientadora: Profa Dra Cecília M. V. B. de Almeida

Co-orientadora: Profa Silvia Helena Bonilla

Área de Concentração: Produção e Meio Ambiente

Linha de Pesquisa: Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial.

Ana Paula Zaccaria dos Santos

São Paulo

2010

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Etelvino (*in memoriam*) e Sandra, que me deram não somente a vida, mas principalmente a minha educação e condições de estudo. Às minhas irmãs Renata e Thaís e ao meu cunhado Celso, por sempre torcerem por mim. Ao meu querido sobrinho Marcelo que me traz muita alegria. A minha tia Silvia e meu primo Heitor que muito me incentivaram.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Prof^a Dra. Cecília M. V. B. de Almeida, por sua orientação, paciência, incentivo, por acreditar no meu potencial e principalmente pelo seu apoio que me fortalece para superar meus desafios. Com suas argumentações e sugestões tive a oportunidade de enriquecer meu conhecimento.

À Prof^a Dra. Silvia H. Bonilla, minha co-orientadora, pelas suas sugestões, por sua paciência, amor e principalmente por sempre estar disposta a ajudar em qualquer situação.

Ao Prof^o Dr. Biagio F. Giannetti que muito contribuiu com seus comentários e sugestões essenciais para enriquecer este trabalho.

Aos membros da banca, Prof^o Dr. Biagio F. Giannetti e Prof^a Dra. Maria Silvia Romitelli, por terem aceitado participar da avaliação deste trabalho e pelas valiosas contribuições.

Ao Prof^o Fábio Romeu de Carvalho, Vice - Reitor da Universidade Paulista (UNIP), pela ajuda no fornecimento dos dados necessários para o trabalho e pelo incentivo em todos os momentos.

Ao Prof^o Pedro Américo Frugoli, diretor do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia (ICET) da Universidade Paulista (UNIP), que desde o início foi um grande colaborador para este trabalho. Agradeço pelos dados fornecidos, pela confiança, incentivo e apoio em todos os momentos.

Ao Prof^o José Luis Alves de Lima, coordenador geral do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Paulista (UNIP), pelos conselhos e pela influência em minha decisão em iniciar o mestrado e também pelo apoio durante todo o tempo.

Ao Prof^o Carlos Alberto Ferreira de Lima, coordenador geral dos laboratórios da Universidade Paulista (UNIP), pela ajuda e apoio na coleta de dados para este trabalho.

Ao Prof^o José Américo Angélico Herling, chefe de campus da unidade Indianópolis da Universidade Paulista (UNIP) pelos dados fornecidos, ao auxiliar de chefe de campus Leandro Tadeu Davanço e ao técnico de laboratório Mário Rodrigues Gualberto pela ajuda na coleta dos dados.

À Prof^a Márcia Gallo pelo carinho e revisão ortográfica do texto.

Ao Prof^o Márcio D. Frugoli pela amizade, apoio e revisão do abstract.

Aos colegas do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção (Mirtes Mariano, Alexandre Frugoli, Luiz Ghelmandi, José Guilherme, Fábio Sevegnani, Pedro Frugoli, Carlos Alberto, Pedro Gabriel, Geslaine Frimaio, Oswaldo Egydio, Antonio René, Celso Munhoz, José Luiz Pierobom, Marco Madureira e Douglas Wittmann) pelo apoio, amizade e troca de experiências.

Agradeço também a todos aqueles que tornaram a realização deste trabalho possível. A todos que direta ou indiretamente contribuíram para o meu desenvolvimento acadêmico e profissional e também a todos que me apoiaram durante esta jornada.

E finalmente a Deus por estar sempre iluminando meu caminho.

A todos muito obrigada!

SUMÁRIO

Lista de figuras	9
Lista de tabelas	11
Resumo	13
Abstract	14
1. Introdução	15
2. Fundamentos teóricos	17
3. Revisão Bibliográfica	22
4. Metodologia	36
4.1. Contabilidade Ambiental em Emergia.....	36
4.2. Levantamento de Dados	39
5. Descrição do Sistema	42
6. Resultados e discussão.....	44
6.1. Contabilidade Ambiental em Emergia do curso de Engenharia.....	44
6.2. O aumento da qualidade dos discentes de Engenharia.....	50
6.3. Avaliação dos fluxos de informação no curso de Engenharia.....	52
6.4. O papel das aulas práticas no curso de Engenharia.....	53
6.5. Contabilidade Ambiental em Emergia do curso de Farmácia.....	56
6.6. O papel das aulas práticas no curso de Farmácia.....	58

6.7. Contabilidade Ambiental em Energia do curso de Administração.....	60
7. Indicadores.....	62
7.1. Calculo dos Indicadores.....	62
7.2. Avaliação dos resultados	67
8. Conclusões	71
9. Propostas futuras	73
10. Referências Bibliográficas	74
Anexos	78
Anexo A - Memorial de cálculo dos insumos referentes a implantação do edifício usado pelo curso de Engenharia da UNIP	77
Anexo B - Memorial de cálculo dos insumos referentes ao uso do edifício usado pelo curso de Engenharia da UNIP	94
Anexo C - Memorial de cálculo dos insumos referentes a informação necessária para formar um engenheiro	96
Anexo D - Memorial de cálculo dos Indicadores deste estudo (Engenharia)	99
Anexo E - Memorial de cálculo dos insumos referentes a implantação do edifício usado pelo curso de Farmácia da UNIP	100
Anexo F - Memorial de cálculo dos insumos referentes ao uso do edifício usado pelo curso de Farmácia da UNIP	122
Anexo G - Memorial de cálculo dos insumos referentes a informação necessária para formar um farmacêutico	124

Anexo H - Memorial de cálculo dos Indicadores deste estudo (Farmácia)	127
Anexo I - Memorial de cálculo dos insumos referentes a implantação do edifício usado pelo curso de Administração da UNIP	128
Anexo J - Memorial de cálculo dos insumos referentes ao uso do edifício usado pelo curso de Administração da UNIP	139
Anexo K - Memorial de cálculo dos insumos referentes a informação necessária para formar um administrador	141
Anexo L - Memorial de cálculo dos Indicadores deste estudo (Administração)	143

Lista de figuras

Figura 1. Diagrama com as principais características de um ciclo de manutenção da informação incluindo depreciação, extração, cópia, operação, teste e seleção	24
Figura 2. Diagrama que mostra que a forma e a matéria prima são consideradas separadas ao se avaliar a energia da reciclagem	26
Figura 3. Diagrama de energia simplificado da Universidade da Flórida com as entradas e saídas do sistema e a circulação de dinheiro	30
Figura 4. Diagrama do sistema educacional de Mai Po com os fluxos de energia da educação	31
Figura 5. Diagrama do sistema educacional dos Estados Unidos mostrando o subsistema da educação superior com valores de 1980 com todas as entradas e saídas do subsistema	34
Figura 6. Cone do Aprendizado (Cone of Experience). Adaptado de Dale, 1969.....	39
Figura 7. Diagrama de energia do edifício do campus Indianópolis onde é oferecido o curso de Engenharia	45
Figura 8. Diagrama de energia do curso de Engenharia do campus Indianópolis da UNIP.....	46
Figura 9. Aumento da energia do aluno no curso de Engenharia da UNIP em função do tempo de permanência na universidade.	50
Figura 10. Aumento da transformidade do aluno no curso de Engenharia da UNIP em função do tempo de permanência na Universidade	51

Figura 11. Emergia da informação recebida pelo engenheiro em sua vida acadêmica.....	52
Figura 12. Informação do aprendizado conforme a fonte de informação em comparação com o caso em que se considera que as aulas teóricas e práticas são iguais	55
Figura 13. Diagrama de energia do curso de Farmácia do campus Indianópolis da UNIP.....	56
Figura 14. Diagrama de energia do curso de Administração do campus Indianópolis da UNIP.....	60
Figura 15. Diagrama com as principais características de um ciclo de manutenção da informação incluindo depreciação, extração, cópia, operação, teste e seleção.....	68

Lista de tabelas

Tabela 1. Cálculo da transformidade dos professores do Ensino Superior no Brasil em 2007	41
Tabela 2. Cálculo da transformidade dos alunos que terminaram o Ensino Médio no Brasil em 2007.....	41
Tabela 3. Contabilidade em energia do edifício usado pelo curso de Engenharia da UNIP	47
Tabela 4. Contabilidade em energia do curso de Engenharia da UNIP (para formação de Engenheiros)	49
Tabela 5. Cálculo da energia da informação recebida pelos alunos nas aulas práticas (dos professores)	53
Tabela 6. Contabilidade em energia do curso de Engenharia da UNIP incluindo as aulas práticas	54
Tabela 7. Contabilidade em energia do curso de Farmácia da UNIP.....	57
Tabela 8. Cálculo da energia da informação recebida pelos alunos nas aulas práticas (dos professores)	58
Tabela 9. Contabilidade em energia do curso de Farmácia da UNIP incluindo as aulas práticas.....	59
Tabela 10. Contabilidade em energia do curso de Administração da UNIP	61

Tabela 11. Emergia correspondente ao uso dos edifícios e da infraestrutura pelos alunos de cada curso de acordo com a infraestrutura oferecida pela universidade	63
Tabela 12. Comparação do curso de Engenharia com os cursos de Farmácia e Administração, considerando-se o valor das aulas de laboratório	63
Tabela 13. Contabilidade em emergia do curso de Farmácia da UNIP incluindo as aulas práticas, com 400 alunos na Farmácia (80 alunos por turma)	65
Tabela 14. Comparação do curso de Engenharia com os cursos de Farmácia e Administração, considerando-se o valor das aulas de laboratório e 80 alunos por turma no curso de Farmácia	66
Tabela 15. Comparação do curso de Engenharia com os cursos de Farmácia e Administração, considerando-se o valor das aulas de laboratório, 80 alunos por turma nos cursos de Farmácia e Administração	67
Tabela 16. Comparação dos resultados encontrados na literatura para emergia por indivíduo e transformidade de acordo com o nível acadêmico	70

Resumo

Este estudo aplica a contabilidade em emergia para avaliar o curso de Engenharia em um edifício educacional da Universidade Paulista. Emergia é a energia solar disponível e utilizada direta ou indiretamente para obter um produto ou serviço, incluindo as contribuições da natureza e da economia. O estudo mostra as características das instalações necessárias para a operação de um curso de Engenharia, bem como da informação transmitida ao aluno, de modo a fornecer orientações que podem ser utilizadas para a comparação entre diversos cursos ou para a implantação de cursos novos. A avaliação detalhada, que inclui aspectos convencionais (área construída, número de livros e funcionários) é complementada com a inclusão de aspectos ambientais (uso da luz solar, água, etc). O uso de indicadores fornece informações sobre a quantidade e a distribuição do investimento em emergia (recursos renováveis e não renováveis) para manter uma escola de Engenharia e formar um engenheiro. A importância das aulas práticas também é avaliada. O edifício estudado está localizado dentro do *campus* Indianópolis da Universidade Paulista (UNIP). A emergia total do edifício (implantação e uso) é de $1,65 \times 10^{18}$ sej/ano, sendo que o concreto apresenta o valor mais significativo no valor total da emergia do edifício (52%). A segunda maior contribuição em emergia deve-se ao grande investimento em equipamentos utilizados para o bom funcionamento do curso (22%). A emergia total do curso de Engenharia da UNIP é de $6,31 \times 10^{19}$ sej. A emergia da infraestrutura contribui com 11% na formação do Engenheiro e a emergia da informação com 89%. A transformidade do Engenheiro é 8,7 vezes maior que a do aluno ingressante. Este estudo compara os resultados do curso de Engenharia (Ciências Exatas e Tecnologia) com um curso de Ciências da Saúde (Farmácia) e um de Ciências Sociais (Administração). A transformidade do farmacêutico é 4,5 vezes maior que a do aluno do Ensino Médio e a do administrador que é 1,9 vez maior.

Palavras-chave: contabilidade ambiental; emergia; Universidade; informação.

Abstract

This study applies emergy accounting to assess the course of Engineering offered in an educational building at Paulista University - UNIP. Emergy is the solar available energy used up directly or indirectly to obtain a product or service, including contributions of nature and the economy. The study shows the characteristics of the facilities needed for the operation of an engineering course and the information provided to students, in order to provide information that can be used for comparison between different courses or to the implementation of new courses. A detailed assessment that includes conventional analysis (built area, number of books and staff) is complemented by the inclusion of environmental aspects (use of sunlight, water, etc.). The use of indicators provides information on the quantity and distribution of the emergy investment in (renewable and non renewable resources) to maintain an engineering school and to graduate an engineer. The importance of practical classes is also evaluated. The building studied is located within the Indianapolis campus of the University Paulista (UNIP). The total emergy of the building (installation and use) is 1.65×10^{18} sej / year, and the concrete has the most significant value in the total emergy of the building (52%). The second largest contribution is due to the large investment in equipment for the proper operation of the course (22%). The total emergy of the UNIP's Engineering course is 6.31×10^{19} sej. The emergy of the infrastructure contributes with 11% to the engineer formation, and the emergy of information with 89%. The engineer transformity is 8.7 times that of the students entering the University. This study compares the results of the engineering course (Engineering and Technology) with a course in Health Sciences (Pharmacy) and a course in Social Science (Management). The transformity the pharmacist is 4.5 times that of high school students, and the transformity of the administrator is 1.9 times higher.

Keywords: environmental accounting; emergy; University; information.

1. INTRODUÇÃO

As questões ambientais e a sustentabilidade são assuntos cada vez mais discutidos e cada vez mais o mercado de trabalho exige que as instituições de Ensino Superior adaptem suas estruturas e seu currículo para a formação de profissionais com o perfil exigido pelas empresas e pela sociedade. Para tanto, a Universidade deve, também, avaliar e adequar suas instalações para atender as questões ambientais e contribuir para a sustentabilidade.

É imprescindível que a Instituição que oferece um curso de Engenharia esteja em consonância com o contexto atual em que a preocupação com o meio ambiente é essencial para formar profissionais que compreendam as questões ambientais. Desta forma, a Instituição de Ensino deve preparar-se no que tange ao conhecimento do uso racional dos recursos naturais e da economia para sua própria instalação e operação. Dentro deste contexto, tanto a Universidade como seus estudantes devem entender a interação do homem com o meio ambiente, onde é necessária a percepção de que o sistema humano faz parte e depende do sistema natural. O engenheiro, por sua vez, é um dos responsáveis pela redução dos impactos ambientais e deve ser capaz de avaliar um sistema de produção e propor melhorias para minimizar esses impactos, com consequentes benefícios econômicos para as empresas. Profissionais com este perfil são essenciais para a tomada de decisões em que as questões ambientais estão envolvidas e a universidade exerce papel fundamental na sua formação.

A contabilidade ambiental em Emergia (Odum, 1996) é uma metodologia que permite contabilizar os recursos naturais e econômicos que entram em um sistema utilizando uma unidade comum, o joule de energia solar (sej). Esta metodologia é capaz de avaliar a sustentabilidade da universidade ou de um curso específico. A síntese em emergia pode avaliar a informação necessária para formar um profissional, bem como o quanto a instituição contribui ou pode contribuir para sua formação. Os resultados obtidos utilizando esta metodologia, podem ser usados para comparações entre diversas universidades ou entre cursos diferentes de uma mesma instituição.

O objetivo deste estudo é efetuar a contabilidade ambiental em emergia para avaliar o suporte ambiental necessário para formar um engenheiro, identificando os

recursos mais significativos em termos de uso de energia. Os resultados do curso de Engenharia (curso de Ciências Exatas e Tecnologia) são comparados com os obtidos pela contabilidade ambiental de outros cursos da instituição, um curso de Ciências da Saúde (Farmácia e Bioquímica) e outro de Ciências Sociais (Administração), com a finalidade de verificar se existem diferenças de suporte ambiental entre os cursos oferecidos pela universidade.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Contabilidade Ambiental em Emergia

Emergia é a energia solar disponível e utilizada direta ou indiretamente para obter um produto ou serviço, incluindo as contribuições da natureza e da economia (ODUM, 1996). A unidade de emergia é joule de energia solar (sej).

A contabilidade ambiental em emergia usa a energia solar incorporada como base de medida e contabiliza todos os processos necessários para obtenção dos insumos, inclusive a energia obtida da natureza que outras metodologias não consideram. Esta contabilidade permite avaliar o uso dos recursos e serviços ambientais. Consideram-se na análise todos os insumos necessários para obter um produto ou serviço, incluindo as contribuições da natureza (irradiação solar, chuva, vento, água de poço, solo e biodiversidade) e as fornecidas pela economia (materiais, combustíveis, maquinário, mão de obra, serviços e pagamentos em dinheiro). A emergia pode ser, também, utilizada para quantificar a produção da informação. Quanto maior o fluxo de energia em um processo, maior será seu suporte em termos de energia solar e, portanto maior o custo do meio ambiente para mantê-lo.

Esse método usa a transformidade solar (emergia por Joule) como um indicador de qualidade e eficiência. A transformidade é um fator de conversão de energia em emergia. Para diferentes processos, altas transformidades indicam sistemas mais complexos e produtos de melhor qualidade. Processos com menor transformidade tendem a ser mais simples e, portanto, mais eficientes. Quanto mais transformações contribuem para a formação de um produto ou serviço, maior será a sua transformidade. A transformidade solar foi definida por Odum (1996) como a emergia de um produto por unidade de energia disponível. A transformidade solar é a energia solar necessária para se obter um joule de um produto ou serviço e sua unidade é o joule de energia solar por joule (sej/J).

A emergia por unidade de tempo é calculada multiplicando-se o fluxo energético (J/ano) pela transformidade (sej/J).

$$\text{Emergia (sej/ano)} = \text{Energia (J/ano)} \times \text{Transformidade (sej/J)}$$

Quando os dados estão em unidades de massa (g), volume (m³) ou dinheiro (\$) usa-se o termo emergia por unidade. A cada processo avaliado, as emergias por unidade ou as transformidades anteriormente calculadas, retiradas da literatura, são utilizadas como um modo prático de determinação da emergia (sej) dos produtos ou serviços comuns.

A contabilidade ambiental em emergia é tradicionalmente feita em três etapas:

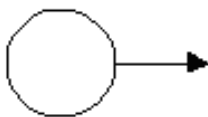
1ª etapa: construção de um diagrama de energia, definindo-se a fronteira do sistema a ser estudado e todas as fontes de energia e materiais que alimentam o sistema. A metodologia utiliza uma simbologia própria (ODUM,1996) para a representação dos diversos componentes do sistema em estudo. Os símbolos usados para a construção de diagramas de energia e uma descrição dos seus significados são descritos a seguir:

1)



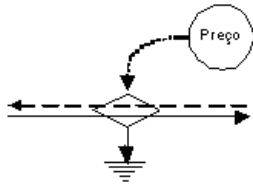
Fluxo de Energia: Um fluxo cuja vazão é proporcional ao volume do estoque ou à intensidade da fonte que o produz.

2)



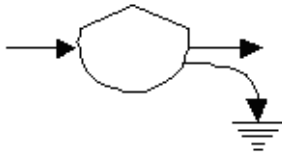
Fonte: Um recurso externo de energia que fornece energia de acordo com um programa controlado externamente.

3)



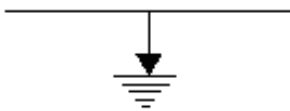
Transação: Um intercâmbio de recursos. Venda de bens ou serviços (linha contínua) em troca de um pagamento em dinheiro (linha tracejada). O preço é mostrado no símbolo como fonte de energia externa.

4)



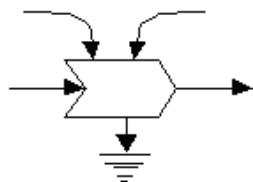
Depósito / Estoque: Uma reserva de energia dentro dos limites do sistema determinada pelo balanço de entradas e saída

5)



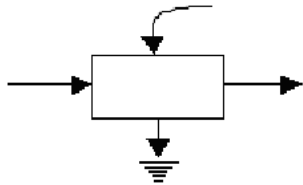
Sumidouro de Energia: O sistema usa a energia potencial para produzir trabalho. O custo dessa transformação é a degradação da energia, que abandona o sistema como energia de baixa qualidade. Todos os processos de interação e os armazenamentos dispersam energia.

6)



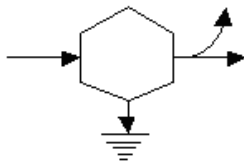
Interação: Interseção de no mínimo dois fluxos de energia para produzir uma saída (trabalho) que varia de acordo com uma certa função de energia. Exemplos: uma ação de controle de um fluxo sobre outro, presença de um fator limitante, uma válvula.

7)



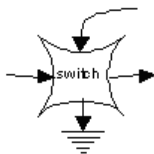
Caixa: Símbolo de uso múltiplo que pode ser usado para representar uma unidade de consumo e produção dentro de um sistema maior. Representa um subsistema.

8)



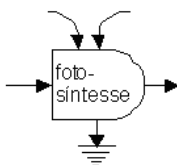
Consumidor: Unidade que usa e transforma a energia, a armazena como energia de maior qualidade e retroalimenta energia (sistema autocatalítico) para melhorar o fluxo de energia que recebe.

9)



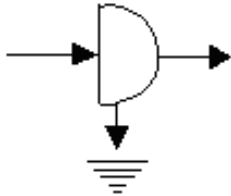
Interruptor: Um sistema de acionamento ou corte de um fluxo de energia de acordo com a ação de uma ou mais energias de controle.

10)



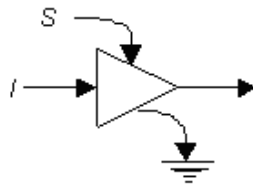
Produtor: Unidade que coleta e transforma energia de baixa intensidade sob a ação de um fluxo de energia de alta qualidade.

11)



Receptor de energia autolimitante: Uma unidade com saída autolimitada. Mesmo que de forças externas sejam altas, existe um círculo interno de energia que está controlado pela presença limitada de um material de alta qualidade.

12)



Amplificador de ganho constante: Uma unidade que fornece uma saída proporcional a uma entrada de energia, mas que pode ser modificada por um fator de ganho, contanto que a fonte de energia S seja capaz de fornecer energia.

2ª etapa: a partir do diagrama, efetua-se a construção de uma tabela com todas as entradas de energia e materiais do sistema, em que cada item de entrada é representado em uma linha. Nesta etapa selecionam-se as emergias por unidade e / ou as transformidades para o cálculo da emergia.

3ª etapa: interpretação dos resultados e cálculo de indicadores (índices em emergia). Os indicadores são ferramentas utilizadas para simplificar informações, permitindo comparar resultados.

Os fluxos que compõem o sistema, juntamente com a emergia total do sistema e a transformidade, permitem avaliar a qualidade, a eficiência, a carga ambiental do sistema como um todo. Compreender os relacionamentos entre energia, ciclos de materiais e informação pode facilitar o entendimento do complexo relacionamento entre a biosfera e a sociedade (ODUM, 1996).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica apresenta os artigos encontrados na literatura que utilizam a contabilidade ambiental em emergia e tratam de temas semelhantes a este estudo.

Para este trabalho foram necessárias duas frentes de pesquisa bibliografica. A primeira refere-se à infraestrutura necessária para oferecer os cursos e foram pesquisados estudos referentes à construção, manutenção e uso de edifícios. Mas para formar um profissional é necessário fornecer, além da infraestrutura, também a informação, sendo pesquisados estudos relacionados com cálculo da informação.

Trabalhos existentes na literatura relacionados com a construção de edifícios que utilizam a contabilidade em emergia.

O estudo de Brown e Buranakarn, 2003, avalia a infraestrutura de um sistema de construção civil, fazendo a avaliação da emergia empregada nos ciclos de vida dos principais materiais de construção e da emergia de entrada utilizada nos sistemas de disposição e reciclagem dos mesmos. Algumas das transformidades (emergia por unidade) de materiais de construção utilizadas neste trabalho foram retiradas do artigo de Brown e Buranakarn.

Pulselli e colaboradores, 2007, avaliam um edifício para uso residencial e de escritórios na Itália, em que a síntese em emergia detalha as etapas de fabricação, manutenção e utilização do prédio. O edifício estudado possui 2700 m² distribuídos em porão, andar térreo, três andares superiores e um subsolo. O edifício conta com 24 apartamentos com 58 habitantes incluindo escritórios. Na construção foram contabilizados os materiais necessários para a edificação do prédio e que persistem no tempo, em que energia e materiais foram estocados. Na manutenção foram estimados os fluxos de energia e materiais necessários para manter o estoque construído, evitando a depreciação do edifício. A avaliação em emergia da utilização do edifício baseia-se no consumo das pessoas que utilizam o prédio: eletricidade, gás natural e água. A emergia relativa à construção do edifício equivale a $21,47 \times 10^{16}$ sej/ano (considerando uma vida útil de 50 anos). O fluxo de emergia anual da manutenção do

edifício é de $15,30 \times 10^{16}$ sej/ano e o fluxo de energia da utilização do edifício é $6,76 \times 10^{16}$ sej/ano, sendo que a habitação equivale a um fluxo de energia de $45,52 \times 10^{16}$ sej/ano, sendo que 49% da energia é empregada na construção, 35% na manutenção e 15% na utilização.

A Contabilidade Ambiental em Energia e o cálculo dos indicadores são realizados para avaliar o desempenho ambiental de edifícios. Indicadores são calculados no estudo (PULSELLI et al., 2007) como uma informação útil para futuros estudos. Os indicadores calculados foram: energia do edifício por pessoa (em-building por pessoa), energia do edifício por volume (em-building por volume) e energia da construção por dinheiro (em-building por dinheiro). Este estudo também avalia a implantação e utilização do edifício.

Trabalhos existentes na literatura que tratam da transmissão da informação e que utilizam a contabilidade em energia.

Informação em diversos sistemas

Segundo Odum, 1996, a informação é a mais importante característica de muitos sistemas e inclui a biodiversidade genética (código genético dos organismos vivos) e o conhecimento humano (informação cultural adquirida). A informação requer alguma forma de energia transportada, como a que está no DNA de sementes (transportadas para dar origem a uma nova planta) ou dos livros (transportam informações para vários locais).

A energia da informação é a soma de vários insumos interagindo. Uma pessoa aprende por meio de uma interação de fluxos de entrada de informação, materiais e energia. A transformidade da informação é a energia por unidade da energia que transporta a informação (ODUM, 1996). A informação requer uma grande quantidade de energia e tem alta transformidade.

Odum (1996) avaliando o ciclo de manutenção das informações, mostra que um

sistema necessita fazer mais cópias que o necessário para manter as informações. A informação desenvolve erros e estes são reduzidos quando se fazem cópias extras e descartam-se aquelas que desenvolvem erros. Se as cópias não são feitas e testadas rapidamente, o suficiente para eliminar o erro, a informação é perdida. Quando organismos contendo uma unidade de reprodução copiam seu estoque de informação, dispersam as cópias e desenvolvem novos sistemas com as cópias de modo que o melhor trabalho predomine, os erros são excluídos. Um ciclo fechado de processamento de informações é necessário para manter uma unidade de informação. Este ciclo de manutenção da informação não é inteiramente análogo ao ciclo de material, porque a informação é copiada e perdida (não conservada). Uma unidade de informação é mantida completando o ciclo, se uma parte deste tem uma ou muitas cópias. Todo o ciclo é requerido para manter uma unidade. A figura 1 mostra um ciclo de manutenção da informação.

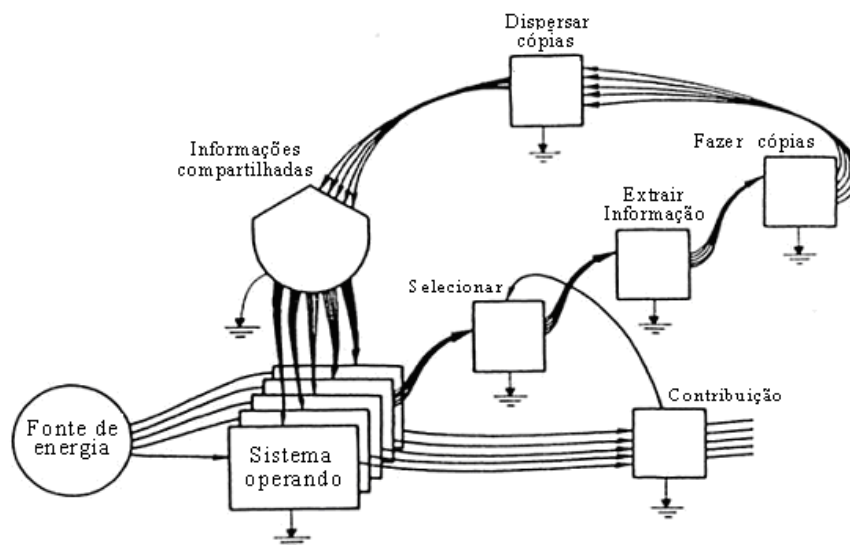


Figura 1. Diagrama com as principais características de um ciclo de manutenção da informação incluindo depreciação, extração, cópia, operação, teste e seleção. Retirado de Odum, 1996. (As informações do diagrama foram traduzidas para o português).

Odum, 1999b, avalia os limites da informação e da biodiversidade e coloca que a informação das transformações na sociedade humana está aumentando mas o conteúdo de informação da biodiversidade da biosfera está diminuindo. A informação

genética inclui a biodiversidade e a diversidade genética da humanidade. O autor mostra uma pirâmide onde coloca que são necessárias várias transformações a partir de uma base de energias de baixa qualidade para suportar a biodiversidade e a informação (energia mais concentrada). Na ordem de hierarquia e de transformidade aparece primeiro o ecossistema (ambiente) que apoia a economia humana, esta apoia a informação aprendida pelas pessoas e por último aparece a informação genética e a biodiversidade, de maior transformidade (a energia transformada torna-se menor, porém mais concentrada, em uma área menor).

Jorgensen e colaboradores, 2004, avaliam a energia e a exergia^a estocadas na informação genética e nos transportadores biológicos (genes). O estudo avalia a energia utilizada para formar e manter organismos biológicos e sugere que os genes são semelhantes aos livros e a uma rede de comunicação. São calculadas a razão energia-exergia para genes de populações de bactérias, de populações de grandes mamíferos e, também, as transformidades solares para manter esses organismos. Os custos de energia e exergia contidas nos genes são comparados e os autores concluem que os genes podem ser transferidos a uma próxima geração a um custo de energia relativamente baixo, pois as informações já estão nos genes. A maior razão energia-exergia corresponde aos organismos mais desenvolvidos, que estão no topo das cadeias alimentares e ocupam os maiores territórios. A energia para transmitir a informação genética em bactérias de geração para geração é pequena (1 Msej/m²), enquanto que em um mamífero cerca de cinco ordens de grandeza maior. Neste estudo, a energia da informação contida nos genes e nos organismos mais desenvolvidos é calculada da mesma forma que a energia que suporta a humanidade. Isto é, divide-se a energia anual de suporte para uma determinada população pela quantidade de energia dos genes desta população.

Brown, 2006, aborda o uso de informação para a transformação de matérias-primas em produtos e faz a avaliação de processos para um determinado material adquirir forma. O autor contabiliza recursos naturais renováveis (R), recursos naturais não renováveis (N) e recursos vindos da economia (F) para o produto adquirir forma e chama de Emformation a soma da energia destes fluxos de material e energia com a energia da informação utilizada para criar novo produto.

^aExergia: quantidade máxima de trabalho possível quando uma matéria é trazida para o equilíbrio termodinâmico com o meio natural que a cerca, por intermédio de processos reversíveis, envolvendo somente a interação com componentes da natureza, tais como, ar, água e calor (Szargut et al.,1988).

$$\text{Emformation} = R + \text{Informação} + N + F$$

A Emformation é dada pela diferença entre a energia total do produto acabado e a energia da matéria prima e é perdida quando o material é reciclado (figura 2). O estudo de Brown assemelha-se aos estudos anteriores e a este estudo que avalia a energia de formação do Engenheiro, produto do curso de Engenharia.

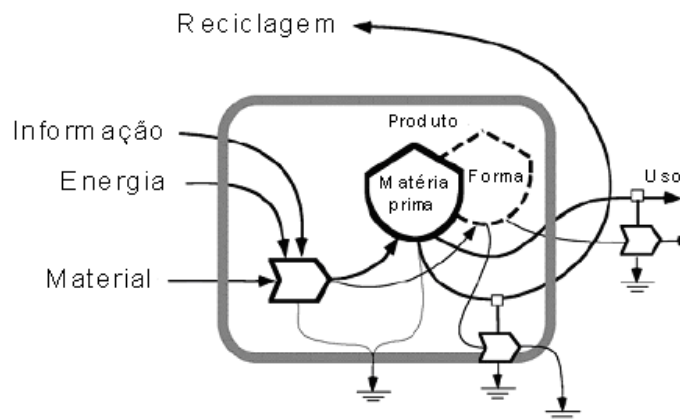


Figura 2. Diagrama que mostra que a forma e a matéria prima são consideradas separadas ao se avaliar a energia da reciclagem. Quando o produto é utilizado, as energias da matéria prima e da forma são usadas (energia total do produto acabado), mas quando o produto é reciclado somente a energia da matéria prima é utilizada. Retirado de Brown, 2006. (As informações do diagrama foram traduzidas para o português.)

Ortega, 2006, avalia o papel da informação nos sistemas agrícolas. Segundo este autor, quando são analisados projetos agrícolas utilizando a energia, os diagramas de sistemas recebem uma fonte de energia externa denominada INFO, que representa a informação e o conhecimento, mas que esse fluxo ainda não foi calculado. Para calcular este fluxo, o autor aponta que a informação está ligada à ética e aos valores morais de um quadro científico e econômico, mas a força do conhecimento nem sempre tem efeitos positivos sobre o sistema que o recebe, sendo que a informação pode ser usada para a exploração ou para a colaboração. Quando a informação é usada de forma destrutiva (corrupção, destruição de ecossistemas, infraestrutura que beneficia apenas uma parte da população etc), estabelece a possibilidade de um colapso ambiental e social, em termos local e global.

Ortega (2006) relata que o fluxo externo INFO deve ser identificado e medido, mas que esta não é uma tarefa fácil. Comparando as duas espécies de informação, uma em que o conhecimento é utilizado em interações de colaboração e outra em que é usado em posição dominante, Ortega analisa um agricultor ecológico (INFO renovável) e um agricultor químico (INFO não renovável). Os resultados obtidos mostram que um agricultor ecológico normalmente tem 15 hectares de terra e um rendimento anual de 10.500 dólares (US\$ 800 / mês) e um agricultor químico com 500 hectares de terra tem um rendimento anual de 325.000 dólares (US\$ 25000 / mês). Porém, quando os serviços ambientais e as informações são contabilizados, o agricultor ecológico deverá receber 400 dólares por hectare por ano, devido aos serviços ambientais transferidos para a sociedade e para a natureza como água percolada, fixação de carbono, manutenção da biodiversidade etc. Já o agricultor químico deve pagar 360 dólares por hectare por ano pela destruição da vegetação nativa, poluição do solo e da água, emissões de CO₂ devidas à produção de fertilizantes. Observa-se que a tradicional análise econômica não mostra os dados reais, pois esconde as consequências ambientais e sociais.

Avaliando, também, o papel da informação na produção de bens e serviços, Ulgiati e colaboradores, 2007, fazem uma avaliação em emergia da informação e da tecnologia, em direção à máxima potência e à emissão zero. Os autores apontam que, na produção convencional, os principais recursos são materiais, energia e mão de obra, mas a produção nos padrões de emissão zero depende do conhecimento, ou seja, da informação sobre as necessidades e os excedentes de cada componente. Utilizando como exemplo o Parque Industrial de Kalundborg na Dinamarca onde ocorre uma cooperação entre várias indústrias (simbiose industrial) em que os resíduos de uma indústria são os insumos da outra, os autores enfatizam que na simbiose industrial existe a necessidade de conhecimento de como reaproveitar e minimizar os resíduos dentro do sistema industrial.

Ulgiati e colaboradores usam a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) e a síntese em emergia como ferramentas para avaliação da simbiose industrial, de sistemas de produção mais sustentáveis e de padrões de consumo dentro de um quadro de emissões zero. O conceito de informação foi utilizado como um recurso importante

para inovação em processos de emissão zero, que dependem da informação para uma ótima utilização dos recursos. A divulgação e armazenamento da informação são de grande importância para a sustentabilidade. Em um estudo de caso de uma usina de geração de energia elétrica, os autores incluem a informação correspondente ao conhecimento das pessoas em relação à sustentabilidade e aos padrões de emissão zero, para minimizar impactos ambientais.

Ulgiati e Brown, 2009, avaliam a complexidade do ecossistema, onde todas as partes são interligadas, uma recebendo energia e materiais da outra, interagindo por mecanismos de retroalimentação. No artigo, os autores mostram um diagrama do ecossistema Silver Springs na Flórida com a diminuição da energia em cada nível do metabolismo e em ordem de hierarquia de energia na cadeia alimentar. Em cada etapa da cadeia alimentar a energia é degradada. As perdas pela 2ª Lei da Termodinâmica diminuem a energia disponível e ocorrem transformações de energia convertendo um tipo de energia em outro, com menor quantidade e maior qualidade (maior transformabilidade). Os ecossistemas criam e estocam ciclos de informações e estas são armazenadas de diferentes maneiras (sementes, estruturas, biodiversidade). É necessária uma grande quantidade de energia para gerar, pela primeira vez, sistemas de informação, principalmente a genética. Os ecossistemas saudáveis (assim como uma boa universidade) contribuem copiando, estocando e divulgando a informação. Em ecossistemas estressados, onde ocorre um uso maior de sua capacidade de carga, o ciclo de informação fica comprometido, ocorrendo uma perda de informação no sistema que pode significar perda da diversidade ou redução da diversidade genética (reprodução reduzida). O trabalho destes autores também comenta que existem dois conceitos de informação, o primeiro refere-se à energia necessária para manter a informação (exemplo: a manutenção da informação numa população de árvores, em que a energia do DNA das sementes armazena e divulga a informação) e o segundo conceito está relacionado com gerar novas informações (geração da biodiversidade global), em que são necessários milhões e milhões de anos e uma enorme quantidade de energia.

Informação em sistemas educacionais

A emergia por indivíduo dos níveis hierárquicos da educação foi, também, calculada por Odum (1996) dividindo a emergia total dos Estados Unidos (1980) pelo número de pessoas de cada nível hierárquico. As transformidades foram calculadas dividindo-se a emergia de cada nível hierárquico pelo metabolismo energético por indivíduo.

Para fazer a avaliação em emergia da Universidade da Flórida (citada em Odum, 1996) foram contabilizados todos os recursos: recursos ambientais (Sol, vento e chuva), recursos pagos (combustíveis, água e eletricidade), os estudantes (emergia do uso da educação prévia), biblioteca (emergia da informação retirada dos livros), professores (emergia do conhecimento usado) e a estrutura do edifício. As saídas são: graduados, pesquisa, serviços e esportes. A avaliação em emergia da Universidade da Flórida (ODUM, 1999a) foi realizada com a finalidade de propor uma política ambiental para a instituição. O autor avalia a “Ecologização” da universidade e sugere a educação ambiental para todos os alunos e currículos na graduação para formar profissionais cientes dos problemas ambientais. Segundo Odum, as missões de uma universidade são: ensino, pesquisa e serviço, mas uma grande universidade tem também a missão de desenvolver novas idéias para liderar o mundo.

Odum mostra que uma universidade depende da economia e esta do meio ambiente, das entradas de memória de curto prazo (internet) e da memória de longo prazo (estoque de informação). O diagrama de energia da universidade (figura 3) mostra as entradas necessárias (serviços ambientais, edifício e equipamentos, biblioteca e hospitais, estudantes, corpo docente, funcionários administrativos e o dinheiro que vem do governo) e os produtos (novos conhecimentos, graduados, serviços, esportes e resíduos). O diagrama mostra, também, os fluxos de dinheiro que circulam no sistema. A avaliação é de que a mais importante entrada de emergia do sistema é a informação prévia dos alunos e apresenta uma tabela com uma avaliação simplificada da Universidade da Flórida relativa ao ano de 1978, em que se utiliza o Emdollar para avaliar o trabalho da natureza na mesma base que o trabalho humano. O autor contabilizou os insumos ambientais locais, combustível, água, energia elétrica,

serviços administrativos, entrada de estudantes, apoio ao estudante, biblioteca, conhecimento utilizado e serviço do corpo docente e edifício. Segundo as conclusões deste estudo, adaptar a Universidade da Flórida a níveis sustentáveis, algumas possíveis iniciativas administrativas são sugeridas como a redução da quantidade de carros pequenos (de passeio) e a habitação permanente no campus. Odum comenta que dentro da universidade também algumas políticas ambientais na Universidade da Flórida podem resultar em melhoria, como redução de água, plantação de espécies nativas no campus, caminho de montanha e floresta para o novo prédio de Engenharia.

Odum calcula a energia e a transformidade da informação do aprendizado. Para calcular a energia considerou que a informação aprendida pelas pessoas corresponde a 1% do fluxo da energia humana. Para o cálculo da energia do aprendizado, multiplicou a quantidade de pessoas na Terra ($5,2 \times 10^9$ pessoas) por 2500 kcal/dia x 365 dias/ano x 4.186 J/kcal x 0,01 (1% da energia humana) e obteve $1,98 \times 10^{17}$ J/ano. Para calcular a transformidade do aprendizado Odum usou a energia da Terra ($9,44 \times 10^{24}$ sej/ano - ODUM, 1996) e dividiu pela energia do aprendizado ($1,98 \times 10^{17}$ J/ano) obtendo $4,76 \times 10^7$ sej/J. Na base $15,83 \times 10^{24}$ sej/ano (ODUM et al., 2000) este valor passa a $8,00 \times 10^7$ sej/J.

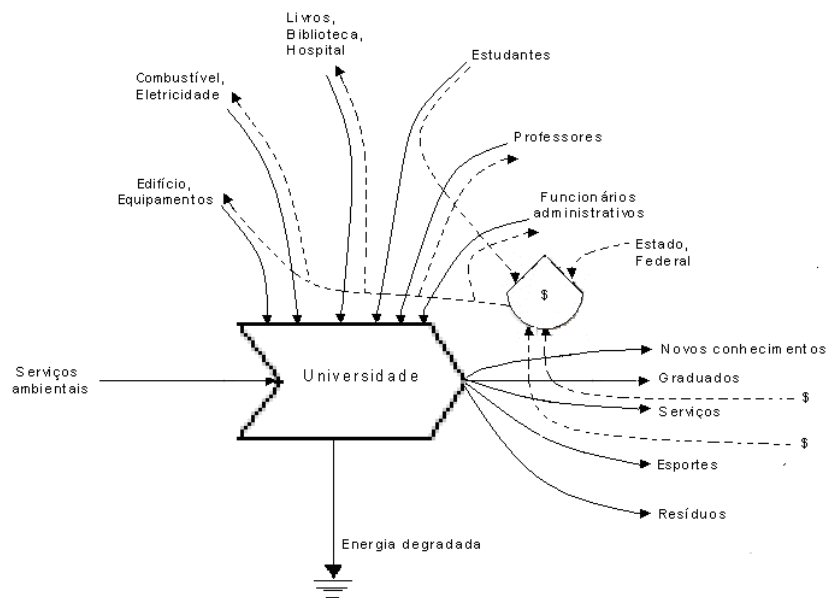


Figura 3. Diagrama de energia simplificado da Universidade da Flórida com as entradas e saídas do sistema e a circulação de dinheiro. Retirado de Odum, 1999a. (As informações do diagrama foram traduzidas para o português.)

Qin e colaboradores, 2000, fazem uma avaliação em emergia de um manguezal, a reserva natural Mai Po em Hong Kong na China, que possui uma área de conservação natural de 380 hectares e um grande valor educacional. O artigo faz uma avaliação, calcula a emergia do sistema educacional de Mai Po (figura 4), a emergia do investimento no sistema educativo e também a emergia da contribuição do conhecimento que é transmitido pelos funcionários da reserva. A reserva Mai Po possui 17 funcionários de níveis educacionais diferentes (3 pós graduados, 3 graduados e 11 estudantes). A emergia da contribuição do conhecimento trazida pelos visitantes foi calculada dividindo a emergia total de Hong Kong (1998) pelo número de pessoas de cada nível educacional em Hong Kong, encontrando a emergia por indivíduo em cada nível. A emergia da contribuição do conhecimento dos funcionários do manguezal, dedicados à função educativa, foi calculada multiplicando-se o número de funcionários de cada nível educacional de Mai Po, pela emergia de cada nível. A emergia total da função educacional do parque é dada pela soma das emergias destes funcionários, $99,26 \times 10^{17}$ sej / ano. Esta emergia (contribuição do conhecimento) é alta e representa 92% da emergia do investimento no sistema educacional de Mai Po e 80% da total de todo o sistema educacional de Mai Po.

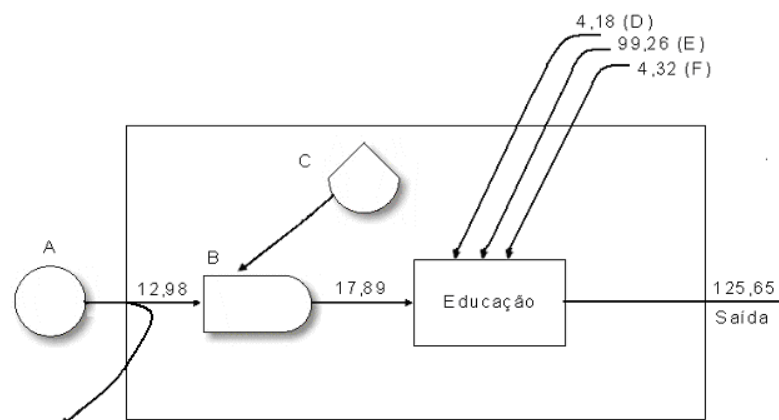


Figura 4. Diagrama do sistema educacional de Mai Po com os fluxos de emergia da educação (valores multiplicados por 10^{17} sej/ano), onde A: fontes renováveis, B: trabalho ambiental, C: estoque não renovável, D: facilidades e serviços, E: contribuição do conhecimento e F: orçamento e turismo. Retirado de Qin e colaboradores, 2000.

Em estudo mais recente, Meillaud e colaboradores, 2005, avaliam um edifício localizado no campus do Instituto Federal Suíço de Tecnologia de Lausane na Suíça onde está localizado o Laboratório de Energia Solar (LESO). São avaliados dois aspectos: a economia de energia elétrica devido à instalação de painéis solares na fachada do prédio e, como este edifício educacional oferece um curso de pós graduação, avalia-se a transformidade do egresso. O edifício LESO é uma construção acadêmica que produz informação científica divulgada por meio de publicações, cursos, estudantes e serviços. A contabilidade em emergia é utilizada para avaliar o edifício educacional com todas as entradas do sistema, tanto as empregadas na operação e manutenção da infraestrutura como as de informação (os materiais de construção do edifício não foram contabilizados neste artigo). A eletricidade é que mais contribui para o sistema (sem contar serviços e informação), como consequência do uso de computadores. O segundo item que mais contribui para a emergia total é o papel com consumo de 2,4 toneladas por ano. O cálculo da emergia dos estudantes e professores foi feito a partir da sua energia e da sua transformidade, correspondente ao seu nível educacional. A energia de cada nível hierárquico da educação foi estimada considerando seu metabolismo energético e os tempos gastos dentro do edifício, as transformidades foram retiradas da literatura (ODUM, 1996). Para o cálculo da emergia do aluno que deixa o LESO considerou-se que 100% da emergia do edifício é atribuída a cada formando.

A emergia da informação adquirida corresponde a 1% da emergia do corpo docente (ODUM, 1999b) e 10% da emergia dos estudantes (MEILLAUD et al, 2005). Para o aprendizado a partir do corpo docente, Meillaud e colaboradores, 2005, consideraram a emergia do corpo docente, de acordo com o cálculo do livro do Odum, 1996, em que a emergia total dos Estados Unidos foi dividida pelo número de docentes em cada nível hierárquico da educação nos Estados Unidos e o resultado foi multiplicado pelo tempo de contato aluno/professor e por 0,01 (1%). A emergia obtida corresponde ao ato de aprender.

Meillaud e colaboradores, 2005, consideraram que a emergia por doutor nos Estados Unidos é equivalente à dos doutores da Suíça:

Energia total dos EUA / número de doutores EUA = Energia total da Suíça / número de doutores suíços.

As porcentagens de entrada de energia para o aluno são proporcionais ao tempo de contato estimado entre alunos e professores e ao tempo de permanência do aluno no edifício (neste tempo, ele vai à biblioteca, utiliza laboratórios, assiste a palestras, etc). O cálculo da transformidade do aluno que deixa o LESO ($2,4 \times 10^8$ sej/J) mostra que esta é três vezes maior que a transformidade do aluno ingressante ($7,33 \times 10^7$ sej/J). Este aumento de transformidade representa a maior qualidade do aluno que deixa o LESO devido aos conhecimentos adquiridos por meio de conferências, interações com outros alunos e professores e pelo uso da infraestrutura do edifício. A contabilidade em energia efetuada aponta que a energia necessária para formação de um aluno é de $3,46 \times 10^{18}$ sej/ano, sendo que 94,6% da energia se deve a informação e 5,4% corresponde à manutenção da estrutura do edifício e seu uso.

Em estudo anterior, Meillaud, 2003, também avalia o edifício LESO contabilizando também os materiais de construção (como estoque), além da manutenção e uso do edifício e da informação que foram contabilizados em Meillaud e colaboradores, 2005. A vida útil dos materiais de construção foi considerada como 80 anos. Os resultados diferem daqueles apresentados no artigo de 2005: 50,75% para a implantação, manutenção e uso do prédio e 49,25% para a informação.

Campbell e Lu, 2009, avaliam o sistema de ensino dos Estados Unidos de 1870 a 2006 utilizando o método de energia. O sistema de ensino foi dividido em três subsistemas que seriam equivalentes no Brasil ao Ensino Fundamental (*elementary*), Ensino Médio (*secondary*) e Educação Superior (*college*) e as entradas foram determinadas para cada ano. A energia do ensino e aprendizagem foi quantificada como a soma da energia fornecida durante o tempo gasto na transmissão da informação e da energia trazida pelos alunos para o processo de ensino e aprendizagem.

A energia por indivíduo foi calculada com base no tempo que o aluno permanece na escola. Os autores assumiram que a energia do processo de ensino

aprendizagem corresponde à energia necessária para aumentar o conhecimento total no sistema. Campbell e Lu admitiram como razoável que 10% do tempo de que as pessoas dispõem é aproveitado para seu aprendizado. O diagrama com o sistema de Educação superior dos Estados Unidos (figura 5) mostra todas as entradas e saídas do sistema para o ano de 1980, no qual entram alunos que terminaram o Ensino Médio e saem desistentes (abandonam após 2 anos), graduados, mestres, especialistas (curso com duração de 3 anos) e doutores.

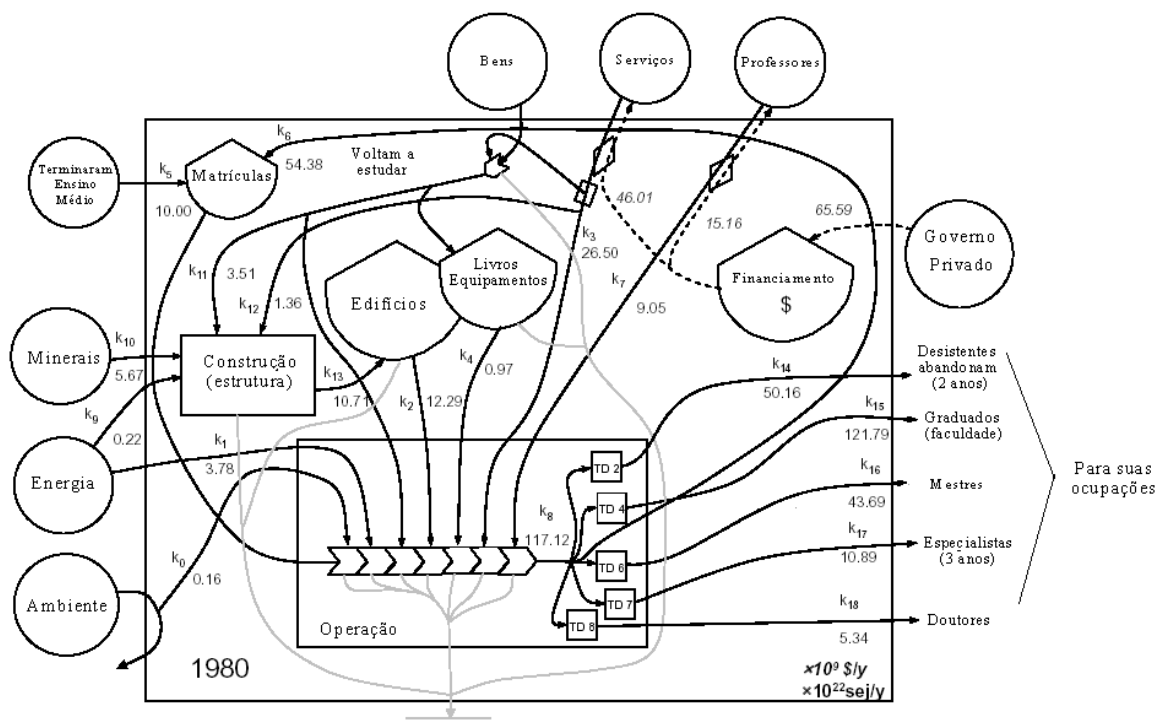


Figura 5. Diagrama do sistema educacional dos Estados Unidos mostrando o subsistema da educação superior com valores de 1980 com todas as entradas e saídas do subsistema. Retirado de Campbell e Lu, 2009. (As informações do diagrama foram traduzidas para o português.)

Dentre os trabalhos encontrados na literatura que tratam da transmissão da informação, todos eles, com exceção de Ortega, 2006 e Campbell e Lu, 2009, utilizam o método idealizado por Odum para calcular a energia e a transformidade da informação de interesse, seja esta, a informação transmitida de professores a alunos, ou a transmitida pelos genes nos sistemas naturais. A energia de cada nível,

educacional ou trófico, é calculada dividindo-se a energia total do sistema de interesse (da Terra, dos Estados Unidos, de Hong Kong ou de uma floresta) pelo número de indivíduos em cada nível (pessoas, professores ou genes) e, calculando-se a energia associada a este número de indivíduos, obtém-se a transformidade. O artigo de Ortega, 2006, não contabiliza a informação transmitida, mas sim as consequências para a biosfera decorrentes do tipo de informação transmitida. No artigo de Campbell e Lu (2009) foram contabilizados todos os recursos utilizados desde o ensino fundamental (*elementary*) até a graduação do estudante (*college*).

4. METODOLOGIA

4.1. Contabilidade Ambiental em Emergia

Neste trabalho, aplica-se a contabilidade ambiental em emergia como ferramenta para avaliar um curso de Engenharia, Farmácia e Administração considerando materiais, energia, trabalho humano e informação transmitida em uma unidade comum (energia solar equivalente ou emergia), contabilizando todos os recursos necessários para formar um engenheiro, farmacêutico e administrador. A contabilidade em emergia quantifica as relações entre os seres humanos e a biosfera. Quando aplicada a um edifício educacional quantifica todos os recursos utilizados na construção, manutenção e utilização do edifício (infraestrutura). Em um curso de graduação, contabiliza-se, também, a emergia da informação prévia trazida pelos estudantes do Ensino Médio, a emergia da informação lecionada pelos professores e a emergia da informação dos livros. Estes recursos são contabilizados pois contribuem para o aumento da transformidade do egresso.

Etapas da contabilidade ambiental em emergia:

1ª etapa: construção de um diagrama de energia. O diagrama representa todos os fluxos que compõem o sistema estudado, sejam eles fluxos de informação, de recursos naturais renováveis (R), de recursos naturais não renováveis (N) ou de recursos provenientes da economia (F). O diagrama apresenta também as interações do processo e suas saídas. Os símbolos usados para a construção dos diagramas de energia foram descritos no item 2 (Fundamentos Teóricos) e somente os símbolos de 1 a 7 foram utilizados nos diagramas deste estudo.

O sistema em estudo é o curso de Engenharia oferecido no Campus Indianópolis da Universidade Paulista (UNIP). Os cursos de Farmácia e Administração foram analisados para comparação. A janela de tempo avaliada é de cinco anos para os cursos de Engenharia e Farmácia e de quatro anos para o curso de Administração, correspondentes à duração de cada um deles. São contabilizadas todas as entradas necessárias para formar um engenheiro, farmacêutico ou administrador.

O sistema é constituído por fluxos de recurso renovável (R), como a radiação solar, e fluxos de recurso não renovável (N) como a água de poço, que em São Paulo é considerada N, pois nesta cidade se retira maior quantidade de água do que a natureza é capaz de repor. Os fluxos de recursos provenientes da economia (F) estão associados a todos os materiais para a construção do edifício, os materiais de uso do prédio e o trabalho humano (funcionários).

2ª etapa: construção da tabela. Neste estudo, os dados referentes à infraestrutura do edifício (quantidades: energia, massa, volume) foram obtidos em campo (anexos A, B e C) e a maior parte dos dados de energia por unidade / transformidade foram obtidos na literatura disponível. Acrescenta-se à infraestrutura a informação necessária para formar engenheiros.

Para calcular a energia da informação aprendida pelos discentes, utilizou-se o trabalho de Odum (1999b). Segundo o autor a energia do aprendizado corresponde a 1% do fluxo da energia humana. A mesma porcentagem foi utilizada para avaliação do edifício LESO na Suíça (MEILLAUD et al., 2005) e para avaliar a informação transmitida em uma estrutura educacional em uma unidade de conservação natural (QIN et al., 2000). As transformidades referentes à informação transmitida pelos professores e a informação prévia utilizada pelos alunos foram calculadas com dados do Brasil. A energia é calculada multiplicando-se as quantidades levantadas em campo (energia, massa, volume) pelo valor da energia por unidade ou transformidade. Meillaud e colaboradores (2005), assim como Campbell e Lu (2009) contabilizam, para o cálculo da transformidade da informação, apenas o tempo de contato entre docentes e discentes para o cálculo da energia metabólica empregada no processo de aprendizagem. O mesmo critério foi adotado no presente trabalho.

Há três tipos de informação que compõem a formação de um engenheiro:

1) A informação do aprendizado transmitida pelo professor (item 27, tabela 4): considerada 1% da energia do professor (ODUM, 1999b), ver cálculo detalhado no ANEXO C.1.

2) Informação transmitida do livro para o aluno (item 28, tabela 4): informação que o aluno retira dos livros, também considerada 1% da energia correspondente aos livros (ODUM, 1999b), ver cálculo detalhado no ANEXO C.2.

3) Informação que o aluno traz do Ensino Médio (item 29, tabela 4): conhecimento prévio do aluno que entra para fazer o curso de Engenharia, 10% da energia do concluinte do ensino médio (MEILLAUD et al., 2005), ver cálculo detalhado no ANEXO C.3.

Neste texto, foi adotada a percentagem indicada por Odum, 1999b. Entretanto, Campbell e Lu, 2009 utilizaram uma percentagem de 10%, considerando este valor como um tempo razoável a ser empregado pelos alunos em seu aprendizado (informação recebida) e pelos professores para transmitir a informação.

Considerando que as aulas práticas contribuem mais para o aprendizado que as aulas teóricas, utilizou-se um valor de transformidade para aquelas, correspondente ao dobro do empregado para as aulas teóricas. Esta consideração baseia-se em uma publicação de Edgar Dale (1969) em que se mostra um “cone da experiência”, estabelecendo uma hierarquia das formas de retenção do conhecimento (HOLBERT e KARADY, 2008). O estudo de Dale, 1969 apresenta o conceito de que quanto mais próximo da prática, maior a capacidade de absorção do conhecimento. Um relatório da Socondy-Vacuum Oil (Standard Oil Company of New York) que considera que somente 50% do que se vê e escuta (aulas teóricas) e 90% do que se ouve e logo se pratica (aulas práticas) é assimilado, é citado em várias publicações (Treichler, 1967; Norbis, 1971; Felder e Silverman, 1988; Joshi et al, 1997; Starrett e Morcos, 2001; Finelli et al., 2001; Shooter e McNeill, 2002). Os números mostrados no relatório da Socondy-Vacuum Oil foram, posteriormente adaptados por vários autores ao “cone da experiência” de Dale (Figura 6).

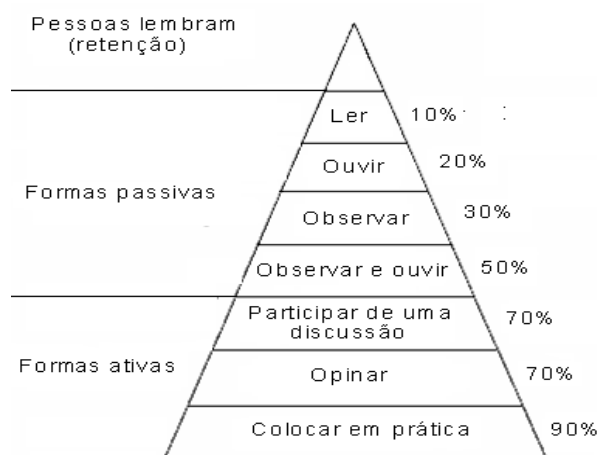


Figura 6. Cone do Aprendizado (*Cone of Experience*). Adaptado de Dale, 1969. As informações foram traduzidas para o português. Segundo o relatório da Socondy-Vacuum Oil, se retém: 10% do que se lê, 20% do que se ouve, 30% do que se vê, 50% do que se vê e ouve, 70% do que se ouve e logo se discute e 90% do que se ouve e logo se pratica. As percentagens mostradas são relativas à taxa de retenção da informação (NORBIS, 1971).

3ª etapa: interpretação dos resultados e cálculo de indicadores (índices em energia). Neste estudo são calculados indicadores. Primeiro calcula-se o índice de energia do curso de Engenharia por aluno que indica a quantidade de recursos, incluindo a informação, investida em 5 anos para formar um engenheiro e depois o índice de energia da informação recebida (professores e livros) por aluno que mostra quanto de informação o aluno recebe no curso para se tornar engenheiro. Os índices anteriores são calculados levando-se em consideração que as aulas práticas possuem maior transformidade que as aulas teóricas (NORBIS, 1971). Calcula-se também o índice de energia da informação das aulas práticas por aluno.

4.2. Levantamento de dados

A coleta de dados foi realizada em campo. Para realizar a contabilidade ambiental do curso de Engenharia, foram coletados todos os valores referentes as quantidades de materiais e de energia do edifício e também da informação necessária para a universidade oferecer o curso e formar engenheiros.

Os dados foram levantados na Universidade Paulista (UNIP) no ano de 2007 por meio de documentação e de entrevistas com funcionários da universidade. Os dados referentes à infraestrutura foram obtidos por medições do prédio.

Os primeiros dados coletados foram as quantidades de materiais e de energia referentes à implantação e uso do edifício (infraestrutura). Foi estabelecida uma vida útil de 25 anos para a construção, que equivale ao tempo de degradação do prédio (TOMSON, 2004), ou seja às entradas de material para manutenção (MEILLAUD et al., 2005; CAMPBELL e LU, 2009). Os materiais de construção e de mobiliário (anexos A.1 a A.9) foram divididos por 25 anos (tempo de degradação dos materiais de construção e de mobiliário do prédio, sem considerar manutenção). Os equipamentos (anexo A.10) foram divididos por 5 ou 10 anos dependendo da vida útil do material (Agenda tributária e tabelas práticas, 2005). Para os livros (anexo A.11) foi considerada uma vida útil de 25 anos. A mão de obra foi dividida por 30 anos, que é o tempo médio (entre 25 e 35 anos) que os funcionários trabalham na universidade (anexo A.12).

Os dados referentes ao uso do edifício, como água, energia elétrica e materiais (papel, plástico e outros) (anexos B.2 a B.4) foram obtidos e calculados para o período de um ano. A radiação solar foi calculada obtendo-se a área externa do prédio e também o valor da insolação média de São Paulo (anexo B.1). Os valores referentes às quantidades de materiais e de energia foram obtidos em energia (J), massa (g) ou volume (m^3). As transformidades referentes a infraestrutura do edifício foram retiradas da literatura e esses valores são coerentes com a unidade de medida da quantidade de material ou de energia obtido (sej/J, sej/g ou sej/ m^3).

Em seguida, foram coletados os dados referentes à informação. O conhecimento prévio trazido pelo aluno que termina o Ensino Médio e começa a fazer o curso de Engenharia, calculado de acordo com o trabalho de Meillaud e colaboradores (2005), em que se considera uma porcentagem de 10% da energia total do aluno. Também foi considerado o conhecimento que o aluno adquire durante o curso por meio do contato com professores e livros (MEIULAUD et al., 2005; CAMPBELL e LU, 2009). As transformidades da informação prévia trazida pelos alunos e da informação transmitida pelos professores foram determinadas com base no

cálculo de Odum (1996), com dados brasileiros, (tabelas 1 e 2). A transformidade da informação dos livros foi retirada da literatura (ODUM, 1996).

Os professores Universitários do Brasil, em média, ministram 6 aulas de 50 minutos por dia, o que equivale a cinco horas diárias. A quantidade de professores do Ensino Superior no Brasil era de 305.960 professores em 2007 (Sinaes/INEP, 2007). Os alunos do Ensino Médio recebem cerca de cinco horas diárias de aulas e, em 2007, foram formados 6.535.898 alunos (Sinopse Estatística da Educação Básica, INEP, 2007).

A coleta de dados para os outros cursos (Farmácia e Administração) também foi realizada em campo e foram recolhidos todos os valores referentes às quantidades de materiais e de energia do edifício e da informação necessária para a universidade oferecer os cursos. Os dados são de 2007.

Tabela 1. Cálculo da transformidade dos professores do Ensino Superior no Brasil em 2007.

	unidade	cálculo	total
Energia dos professores de Ensino Superior	J/ ano	305.960 professores x 120 kcal/ h x 4.186 J/ kcal x 5h/dia x 205 dias/ano	$1,57 \times 10^{14}$
Energia do Brasil	sej/ ano		$2,77 \times 10^{24} *$
Transformidade dos professores	sej/J	$= 2,77 \times 10^{24} \text{ J/ ano} / 1,57 \times 10^{14} \text{ J/ ano}$	$1,76 \times 10^{10}$

* (COELHO et al., 2002)

Tabela 2. Cálculo da transformidade dos alunos que terminaram o Ensino Médio no Brasil em 2007.

	unidade	cálculo	total
Energia dos Alunos que terminaram o Ensino Médio	J/ ano	6.535.898 alunos x 120 kcal/ h x 4.186 J/ kcal x 5h/ dia x 205 dias/ano	$3,36 \times 10^{15}$
Energia do Brasil	sej/ ano		$2,77 \times 10^{24} *$
Transformidade dos alunos	sej/J	$= 2,77 \times 10^{24} \text{ J/ ano} / 3,36 \times 10^{15} \text{ J/ ano}$	$8,2 \times 10^8$

* (COELHO et al., 2002)

5. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

A Universidade Paulista (UNIP), reconhecida pela Portaria nº 550/88, iniciou suas atividades em 9 de novembro de 1988. Foi constituída a partir do Instituto Unificado Paulista (IUP), do Instituto de Ensino de Engenharia Paulista (IEEP) e do Instituto de Odontologia Paulista (IOP); o primeiro destes, autorizado a funcionar em 1972, inicialmente com os cursos de Comunicação Social, Letras, Pedagogia e Psicologia. Hoje, em razão do processo de evolução, a UNIP, por meio de uma proposta acadêmica moderna, vem expandindo suas atividades por diversos Campi, visando à preparação de recursos humanos altamente qualificados demandados pela política de desenvolvimento nacional.

A Universidade Paulista (UNIP) é uma instituição particular com uma estrutura multi-campi, distribuída em São Paulo (capital e interior), Brasília, Goiânia e Manaus. A UNIP possui 27 Campi que englobam 65 unidades, pois alguns campi possuem mais de uma unidade. A universidade oferece o curso de Engenharia nas habilitações: Civil, Mecânica, Mecatrônica, Produção, Eletrônica, Eletrotécnica, Computação e Aeronáutica.

O edifício ocupado pelo curso de Engenharia está localizado no campus Indianópolis na capital de São Paulo. O prédio possui um total de 30.000 m² distribuídos em 6 andares com salas de aula, auditório, laboratórios (informática, química, física, elétrica, mecânica dos fluídos, construção civil, processos de fabricação etc.). Deste total, são usados pelo curso de Engenharia, 41 salas de aula, os laboratórios citados anteriormente e as áreas comuns. A UNIP em seu campus Indianópolis possui 5.457 alunos sendo 2.770 do curso de Engenharia (dados referentes ao ano de 2007), que utilizam o edifício em estudo nos períodos diurno e noturno.

No *campus* estudado (Indianópolis), são oferecidos outros cursos, dentre eles, Farmácia e Administração. Esses cursos são oferecidos somente no período noturno.

O curso de Farmácia utiliza o mesmo edifício citado, com 5 salas de aula,

laboratórios (química, multidisciplinar, farmacêutica e cosmético, análises clínicas e toxicológicas) e parte das áreas comuns. O curso de Farmácia possui 199 alunos no campus Indianópolis. O curso de Administração utiliza outro edifício no mesmo campus, com 7 salas de aula, 1 laboratório de informática e parte das áreas comuns. O curso de Administração possui 474 alunos no campus Indianópolis.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O itens 6.1 a 6.4 apresentam a contabilidade ambiental em energia do Curso de Engenharia, os itens 6.5 e 6.6 mostram a contabilidade ambiental em energia do curso de Farmácia e os itens 6.7 e 6.8 mostram a contabilidade ambiental em energia do curso Administração.

6.1. Contabilidade ambiental em energia do curso de Engenharia

O diagrama do edifício da UNIP utilizado pelos alunos do curso de Engenharia é mostrado na figura 7 e representa os fluxos de energia e materiais do edifício. Nesse diagrama são avaliadas a implantação e a utilização do prédio. O limite do sistema foi estabelecido: implantação e uso do edifício com janela de um ano (representado pelo retângulo maior). A implantação é representada pelo símbolo estoque (maior), pois é considerada uma memória de energia que persiste no tempo (energia e materiais que foram estocados).

As entradas para esta fase são: materiais de construção e de mobiliário, equipamentos e livros. As entradas de materiais de construção e de mobiliário estão representados nos itens 1 a 9 da tabela 3 (os dados coletados e calculados são mostrados nos anexos A.1 a A.9), os fluxos referentes aos equipamentos nos itens 11 a 15 da tabela 3 (anexo A.10) e os livros no item 16 da tabela 3 (anexo A.11). O mobiliário, os equipamentos (computadores, data-show, ventiladores, vidraria de laboratório e outros) e a biblioteca (livros) também foram representados como estoques. Todos em conjunto com a estrutura construída representam os componentes materiais do edifício.

A mão de obra (funcionários) também foi representada como estoque, pois os alunos entram e usam o edifício por cinco anos durante o curso, mas os funcionários permanecem no prédio durante vários anos (anexo A.12).

O uso do edifício (utilização do prédio para formação de engenheiros) é representado por um retângulo que mostra as interações com os usuários do edifício,

que contam com um fluxo constante de energia e materiais (anexo B). As entradas de energia e materiais são representadas na ordem crescente de qualidade (energia por unidade / transformidade). A água de poço utilizada (anexo B.2) foi considerada como fonte não renovável e representada pelo símbolo estoque. O fluxo de radiação solar (anexo B.1) representa a incidência de luz do Sol no edifício durante o dia, o que evita o uso de eletricidade nas salas de aula e corredores. O calor do Sol aquece o ambiente evitando também o uso de aquecedores. As saídas do processo são: Infraestrutura de uma Escola de Engenharia e resíduos, como água e resíduos sólidos (papel, plástico).

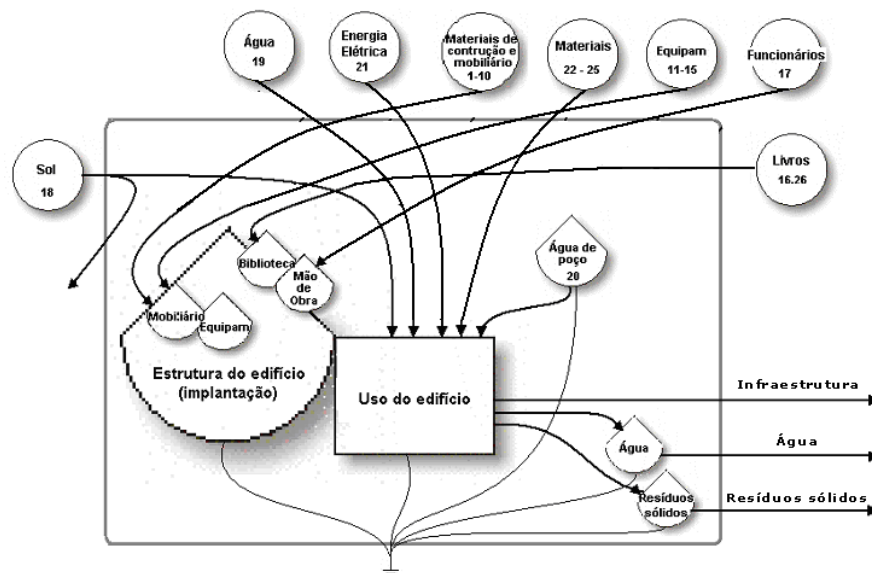


Figura 7. Diagrama de energia do edifício do *campus* Indianópolis onde é oferecido o curso de Engenharia. Os números dentro dos círculos estão associados às linhas da tabela 3.

O diagrama do curso de Engenharia da UNIP é mostrado na figura 8 e apresenta os fluxos de energia e materiais do edifício e os fluxos de informação necessários para formação de um engenheiro. Neste diagrama é mostrado, além da implantação e utilização do edifício, a informação transmitida ao aluno durante o curso. O limite do sistema foi estabelecido com janela de cinco anos, que é o tempo de duração do curso (representado pelo retângulo maior). A informação é representada pelo símbolo estoque (professores e livros), pois é considerada uma memória de energia que circula no mundo e persiste no tempo.

As entradas do processo são: materiais e energia necessários na infraestrutura (figura 7), a informação transmitida por professores e livros e a informação trazida pelo aluno do Ensino Médio. O símbolo interação representa o curso de Engenharia, no qual interagem o aluno de Ensino Médio (de maior transformidade), a infraestrutura (Escola de Engenharia) e a informação transmitida por professores e livros. As saídas do processo são: engenheiros, desistentes, resíduos sólidos (papel, plástico) e água.

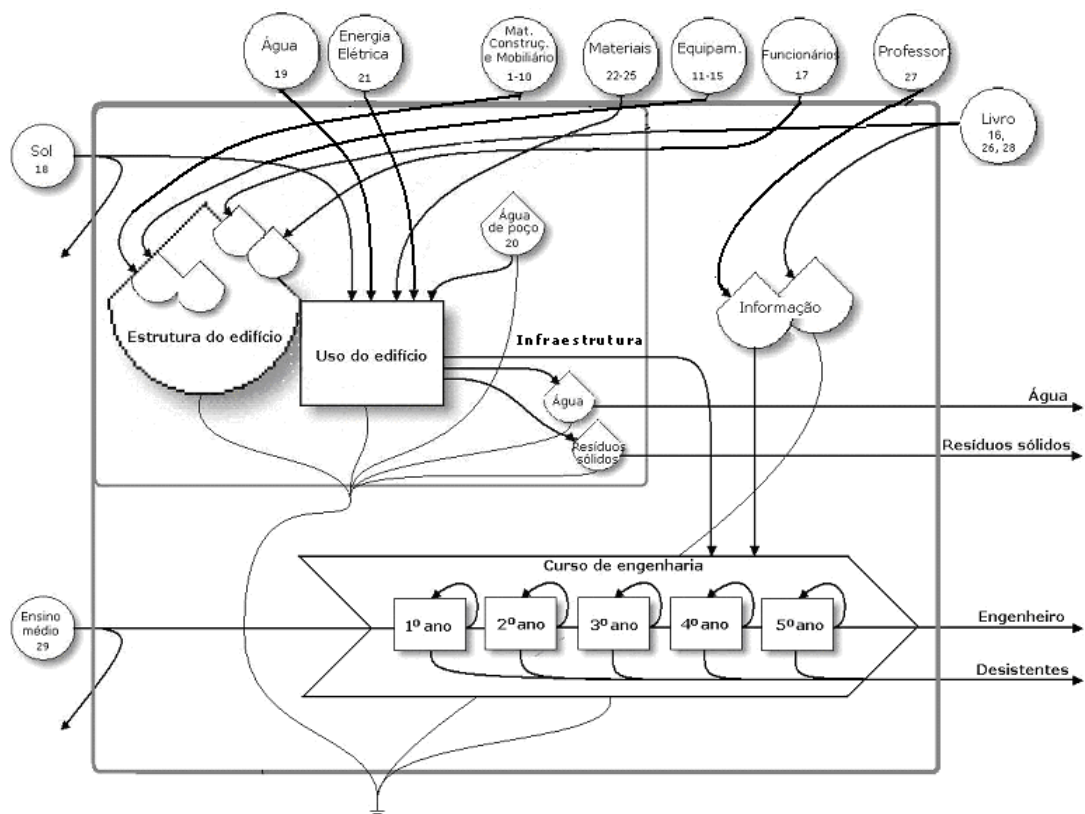


Figura 8. Diagrama de energia do curso de Engenharia do campus Indianópolis da UNIP. Os números dentro dos círculos estão associados às linhas da tabela 4.

A avaliação em energia do edifício é apresentada na tabela 3 e a avaliação em energia do curso de Engenharia é apresentada na tabela 4. Os dados utilizados referem-se ao ano de 2007.

A tabela 3 mostra a contabilidade ambiental em emergia da infraestrutura necessária para oferecer um curso de engenharia. O concreto é o recurso que mais contribui no valor da emergia total do edifício (52%), devido à grande quantidade de salas de aula e laboratórios usados pelos alunos. A cerâmica que também é um material usado na construção, em pisos e banheiros, contribui com 6%. Em segundo lugar ficam os computadores com 22% da emergia total do edifício e, devido à grande quantidade de computadores no edifício, a energia elétrica contribui com 6%.

Tabela 3. Contabilidade em emergia do edifício usado pelo curso de Engenharia da UNIP

Item	Descrição	Un.	Quant. (un/ano)	Emergia/un. (sej/un.)*	Emergia (sej)	% do total de emergia	Ref.
Implantação							
1	Concreto	g	$5,64 \times 10^8$	$1,54 \times 10^9$	$8,69 \times 10^{17}$	52%	Buranakam, 2003
2	Aço	g	$1,65 \times 10^7$	$4,15 \times 10^9$	$6,85 \times 10^{16}$	4%	Buranakam, 2003
3	Cerâmica	g	$3,35 \times 10^7$	$3,06 \times 10^9$	$1,03 \times 10^{17}$	6%	Buranakam, 2003
4	Madeira	g	$8,70 \times 10^5$	$8,79 \times 10^8$	$7,64 \times 10^{14}$	< 1%	Buranakam, 2003
5	Ferro	g	$1,13 \times 10^6$	$4,15 \times 10^9$	$4,70 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakam, 2003
6	Plástico	g	$2,58 \times 10^5$	$5,75 \times 10^9$	$1,48 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakam, 2003
7	Vidro (janelas e portas)	g	$3,37 \times 10^5$	$2,16 \times 10^9$	$7,28 \times 10^{14}$	< 1%	Buranakam, 2003
8	Vidro (lâmpadas das luminárias)	g	$3,07 \times 10^4$	$2,16 \times 10^9$	$6,62 \times 10^{13}$	< 1%	Buranakam, 2003
9	Granito *	g	$1,51 \times 10^6$	$8,40 \times 10^8$	$1,27 \times 10^{15}$	< 1%	Odum, 1996
10	Alumínio	g	$3,23 \times 10^5$	$1,27 \times 10^{10}$	$4,11 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakam, 2003
11	Computador	g	$1,61 \times 10^6$	$2,26 \times 10^{11}$	$3,63 \times 10^{17}$	22%	Cohen et al., 2006 (x2)
12	Data-show	g	$4,34 \times 10^3$	$1,13 \times 10^{11}$	$4,90 \times 10^{14}$	< 1%	Cohen et al., 2006
13	Retroprojeter	g	$2,18 \times 10^4$	$1,13 \times 10^{11}$	$2,47 \times 10^{15}$	< 1%	Cohen et al., 2006
14	Ventilador	g	$6,53 \times 10^4$	$4,10 \times 10^9$	$2,68 \times 10^{14}$	< 1%	Geber: Björklund, 2001
15	Vidraria (laboratório)	g	$1,55 \times 10^4$	$2,16 \times 10^9$	$3,34 \times 10^{13}$	< 1%	Buranakam, 2003
16	Livro (estoque - biblioteca) *	J	$3,82 \times 10^6$	$3,45 \times 10^9$	$1,32 \times 10^{16}$	< 1%	Odum, 1996
17	Funcionário	J	$1,09 \times 10^{10}$	$4,30 \times 10^6$	$4,67 \times 10^{16}$	3%	Coelho et al, 2002
					$1,48 \times 10^{18}$		
Uso							
18	Irradiação solar	J	$1,61 \times 10^{11}$	1	$1,61 \times 10^{11}$	< 1%	Por definição
19	Água (SABESP)	m ³	$2,13 \times 10^3$	$7,75 \times 10^{11}$	$1,65 \times 10^{15}$	< 1%	Buenfil, 2001
20	Água (Poço)	m ³	$7,74 \times 10^3$	$7,75 \times 10^{11}$	$6,00 \times 10^{15}$	< 1%	Buenfil, 2001
21	Energia Elétrica *	J	$3,49 \times 10^{11}$	$2,69 \times 10^5$	$9,37 \times 10^{16}$	6%	Odum, 1996
22	Papel (sulfite)	g	$5,27 \times 10^6$	$2,38 \times 10^9$	$1,25 \times 10^{16}$	< 1%	Meillaud et al., 2005
23	Papel (toalha e higiênico)	g	$2,08 \times 10^7$	$2,38 \times 10^9$	$4,94 \times 10^{16}$	3%	Meillaud et al., 2005
24	Plástico (copos)	g	$8,86 \times 10^5$	$5,76 \times 10^9$	$5,10 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakam, 2003
25	Produto químico (laboratório) *	g	$1,00 \times 10^4$	$6,38 \times 10^8$	$6,38 \times 10^{12}$	< 1%	Odum, 1996
26	Livros (entra todo ano) *	J	$1,91 \times 10^6$	$3,45 \times 10^9$	$6,59 \times 10^{15}$	< 1%	Odum, 1996
					$1,75 \times 10^{17}$		
Emergia Total					$1,65 \times 10^{18}$	100%	

* As emergias por unidade anteriores a 2000 foram multiplicadas por 1,68 para converter na base nova (até 2000 – base: $9,44 \times 10^{24}$ sej/ano e após 2000 – base $15,83 \times 10^{24}$ sej/ano) – (ODUM et al., 2000).

1-10: dados foram coletados em campo; 11: Computador: emergia por unidade do computador foi considerada o dobro da dos outros equipamentos (data show e retroprojeter) por ser um equipamento mais sofisticado; 12-16: dados foram coletados em campo; 17: Anexo A.12; 18: Anexo B.1; 19-26: dados foram coletados em campo

As tabelas 3 e 4 são compostas de 8 colunas: (1) ítem; (2) descrição; (3) unidade dos dados; (4) quantidade em energia (J); massa (g) ou volume (m^3); (5) valores de energia por unidade / transformidade; (6) energia; (7) porcentagem do total de energia e (8) referências para a coluna 5 de energia por unidade / transformidade.

O fluxo de energia total do edifício é $1,65 \times 10^{18}$ sej / ano. Este valor indica o quanto de material e energia são investidos anualmente para a manutenção dos discentes no curso de Engenharia e inclui a implantação que é o conteúdo de energia do reservatório que persiste no tempo (prédio) e o uso do edifício para educação (formação de engenheiros), sendo que $1,48 \times 10^{18}$ sej / ano (89%) é a energia da implantação e $1,75 \times 10^{17}$ sej / ano (11%) é a energia do uso.

Na tabela 4, todas as quantidades relativas à implantação e ao uso do edifício foram multiplicadas por cinco, pois é o tempo de duração do curso de Engenharia. Somente a informação trazida pelos estudantes que não foi multiplicada, pois esta entrada ocorre apenas uma vez na janela de tempo estudada.

As transformidades da informação transmitida pelo professor e da informação prévia do aluno foram calculadas neste estudo e os cálculos são mostrados nas tabelas 1 e 2. As outras transformidades (energia por unidade) foram retiradas da literatura conforme as referências mostradas na coluna 8.

A tabela 4 mostra que a informação prévia do aluno é a que mais contribui para a energia total da formação do engenheiro (53%), o que destaca a importância da formação do aluno nos ensinamentos fundamental e médio. Este resultado foi, também, obtido por Odum (1999a) na avaliação simplificada da Universidade da Flórida relativa ao ano de 1978. A segunda maior contribuição é a da informação do professor que é transmitida e assimilada pelo aluno, com 31% da energia total. A infraestrutura contribui com apenas 16% sej/sej.

A transformidade do engenheiro formado pela UNIP é 7,7 vezes maior que a transformidade de um aluno que termina o Ensino Médio. Este aumento está associado ao aprendizado realizado por meio do contato com professores, do uso do

conhecimento contido nos livros e dos recursos e infraestrutura do edifício oferecidos pela universidade.

Tabela 4. Contabilidade em energia do curso de Engenharia da UNIP (para formação de Engenheiros)

Item	Descrição	Un.	Quant. (un./ 5 anos)**	Energia/un. (sej/un.)*	Energia (sej)	% do total de energia	Ref.
Implantação (prédio)							
1	Concreto	g	$2,82 \times 10^9$	$1,54 \times 10^9$	$4,34 \times 10^{18}$	8%	Buranakam, 2003
2	Aço	g	$8,25 \times 10^7$	$4,15 \times 10^9$	$3,42 \times 10^{17}$	< 1%	Buranakam, 2003
3	Cerâmica	g	$1,68 \times 10^8$	$3,06 \times 10^9$	$5,13 \times 10^{17}$	< 1%	Buranakam, 2003
4	Madeira	g	$4,35 \times 10^6$	$8,79 \times 10^8$	$3,82 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakam, 2003
5	Ferro	g	$5,66 \times 10^6$	$4,15 \times 10^9$	$2,35 \times 10^{16}$	< 1%	Buranakam, 2003
6	Plástico	g	$1,29 \times 10^6$	$5,75 \times 10^9$	$7,42 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakam, 2003
7	Vidro (janelas e portas)	g	$1,69 \times 10^6$	$2,16 \times 10^9$	$3,64 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakam, 2003
8	Vidro (lâmpadas)	g	$1,53 \times 10^5$	$2,16 \times 10^9$	$3,31 \times 10^{14}$	< 1%	Buranakam, 2003
9	Alumínio	g	$1,62 \times 10^6$	$1,27 \times 10^{10}$	$2,05 \times 10^{16}$	< 1%	Buranakam, 2003
10	Granito *	g	$7,56 \times 10^6$	$8,40 \times 10^8$	$6,35 \times 10^{15}$	< 1%	Odum, 1996
11	Computador	g	$8,05 \times 10^6$	$2,26 \times 10^{11}$	$1,82 \times 10^{18}$	3%	Cohen et al., 2006 (x2)
12	Data-show	g	$2,17 \times 10^4$	$1,13 \times 10^{11}$	$2,45 \times 10^{15}$	< 1%	Cohen et al., 2006
13	Retroprojektor	g	$1,09 \times 10^5$	$1,13 \times 10^{11}$	$1,23 \times 10^{16}$	< 1%	Cohen et al., 2006
14	Ventilador	g	$3,26 \times 10^5$	$4,10 \times 10^9$	$1,34 \times 10^{15}$	< 1%	Geber: Björklund, 2001
15	Vidraria (laboratório)	g	$7,73 \times 10^4$	$2,16 \times 10^9$	$1,67 \times 10^{14}$	< 1%	Buranakam, 2003
16	Livro (estoque - biblioteca) *	J	$1,91 \times 10^7$	$3,45 \times 10^9$	$6,59 \times 10^{16}$	< 1%	Odum, 1996
17	Funcionário	J	$5,45 \times 10^{10}$	$4,30 \times 10^6$	$2,34 \times 10^{17}$	< 1%	Coelho et al, 2002
Uso (prédio)							
18	Irradiação solar	J	$8,05 \times 10^{11}$	1	$8,05 \times 10^{11}$	< 1%	Por definição
19	Água (SABESP)	m ³	$1,06 \times 10^4$	$7,75 \times 10^{11}$	$8,23 \times 10^{15}$	< 1%	Buenfil, 2001
20	Água (Poço)	m ³	$3,87 \times 10^4$	$7,75 \times 10^{11}$	$3,00 \times 10^{16}$	< 1%	Buenfil, 2001
21	Energia Elétrica *	J	$1,74 \times 10^{12}$	$2,69 \times 10^5$	$4,69 \times 10^{17}$	< 1%	Odum Pág 305
22	Papel (sulfite)	g	$2,64 \times 10^7$	$2,38 \times 10^9$	$6,27 \times 10^{16}$	< 1%	Meillaud et al., 2005
23	Papel (toalha e higiênico)	g	$1,04 \times 10^8$	$2,38 \times 10^9$	$2,47 \times 10^{17}$	< 1%	Meillaud et al., 2005
24	Plástico (copos)	g	$4,43 \times 10^6$	$5,76 \times 10^9$	$2,55 \times 10^{16}$	< 1%	Buranakam, 1998
25	Produto químico (laboratório) *	g	$5,00 \times 10^4$	$6,38 \times 10^8$	$3,19 \times 10^{13}$	< 1%	Odum, 1996
26	Livro (entra todo ano) *	J	$9,55 \times 10^6$	$3,45 \times 10^9$	$3,30 \times 10^{16}$	< 1%	Odum, 1996
					$8,27 \times 10^{18}$		
Informação							
27	Informação (Professor) - (1%)	J	$9,55 \times 10^8$	$1,76 \times 10^{10}$	$1,68 \times 10^{19}$	31%	Calculada, Tabela 1
28	Informação (Livro*) - (1%)	J	$3,93 \times 10^6$	$3,45 \times 10^9$	$1,35 \times 10^{16}$	< 1%	Odum, 1996
29	Informação (Aluno) - (10%)	J	$3,53 \times 10^{10}$	$8,20 \times 10^8$	$2,89 \times 10^{19}$	53%	Calculada, Tabela 2
					$4,57 \times 10^{19}$		
Energia Total					$5,40 \times 10^{19}$	100,00%	
Saída							
	Desistente ano 1	J	$9,60 \times 10^9$	$3,53 \times 10^9$	$3,39 \times 10^{19}$		
	Desistente ano 2	J	$8,90 \times 10^9$	$4,37 \times 10^9$	$3,89 \times 10^{19}$		
	Desistente ano 3	J	$8,23 \times 10^9$	$5,33 \times 10^9$	$4,39 \times 10^{19}$		
	Engenheiro	J	$8,57 \times 10^9$	$6,31 \times 10^9$	$5,40 \times 10^{19}$		

* As energias por unidade anteriores a 2000 foram multiplicadas por 1,68 para converter na base nova (até 2000 – base: $9,44 \times 10^{24}$ sej/ano e após 2000 – base $15,83 \times 10^{24}$ sej/ano) – (ODUM et al., 2000).

27, 28 e 29: Anexo C

**O curso de Engenharia é de 5 anos, as entradas da coluna 4 foram multiplicadas por cinco, com exceção da informação prévia trazida pelo aluno que só entra uma vez.

Durante o curso, observa-se que há alunos que não conseguem concluir o curso, por problemas econômicos ou pela falta de conhecimentos prévios necessários.

Estes alunos desistentes, apesar de não terminarem o curso, usufruem da infraestrutura oferecida e são beneficiados pela informação transmitida pelos professores e pelo acervo da biblioteca durante o período que permanecem na universidade. Na tabela 4 foram calculadas as emergias e as transformidades dos desistentes, que são maiores a cada ano devido ao conhecimento adquirido durante o curso e ao uso da infraestrutura por maior período de tempo. O memorial de cálculo de energia e a energia dos desistentes são mostrados no Anexo C.4. A transformidade foi obtida dividindo-se a energia pela energia dos desistentes ano a ano.

6.2. O aumento da qualidade dos discentes de Engenharia

A energia total do curso de Engenharia é $5,40 \times 10^{19}$ sej, que representa a do edifício e da informação necessária para a formação de Engenheiros (durante os 5 anos de curso).

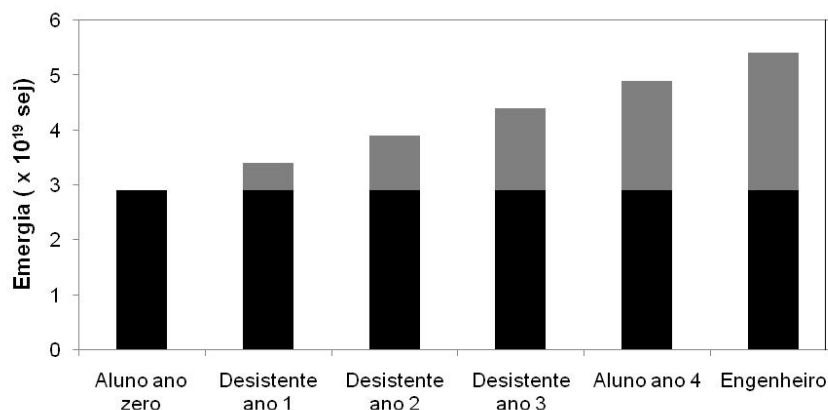


Figura 9. Aumento da energia do aluno no curso de Engenharia da UNIP em função do tempo de permanência na universidade. Em preto a energia da informação trazida pelo aluno do ensino médio e em cinza a adquirida na universidade.

A figura 9 mostra o aumento da energia que o aluno adquire no curso de Engenharia da UNIP ano a ano. O gráfico mostra que a energia total do engenheiro, isto é, a investida no estudante que vem do Ensino Médio aumenta 1,86 vez. Como a quantidade de diplomandos é pequena (muitos alunos desistem durante o curso), a

transformidade dos formandos é 7,7 vezes maior que a do aluno ingressante e esse aumento é mostrado no gráfico da figura 10. Pelos gráficos vê-se que mesmo os alunos desistentes (que só fizeram um, dois ou três anos do curso), apesar de não se tornarem engenheiros, ganham muito em qualidade.

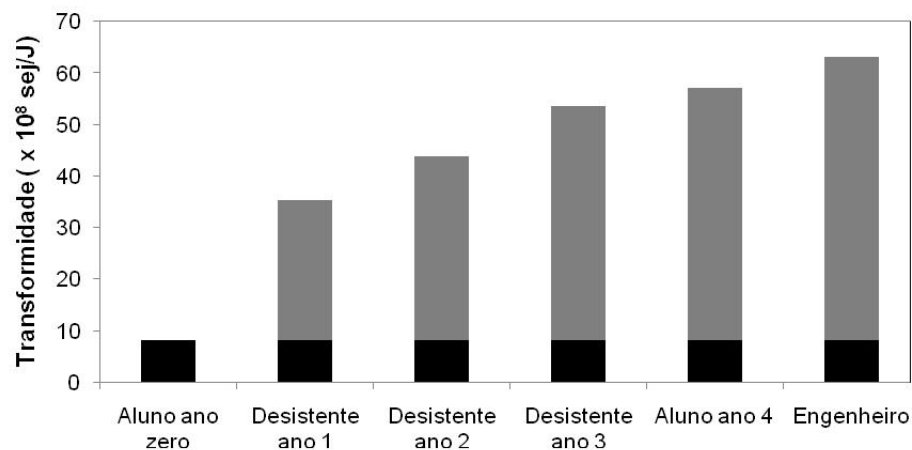


Figura 10. Aumento da transformidade do aluno no curso de Engenharia da UNIP em função do tempo de permanência na Universidade. Em preto a transformidade da informação trazida pelo aluno do ensino médio e em cinza a adquirida na universidade.

6.3. Avaliação dos fluxos de informação no curso de Engenharia

O fluxo de energia total da informação recebida pelo aluno em sua vida acadêmica é $4,57 \times 10^{19}$ sej. Esse valor representa aproximadamente 85% do total da energia necessária para formação de engenheiros, sendo que 53% deste valor corresponde à informação prévia trazida pelos alunos de Ensino Médio, o que mostra a importância da formação básica.

O fluxo de energia da informação que o aluno recebe durante o curso (professores/livros) é de $1,68 \times 10^{19}$ sej e representa aproximadamente 31% do total de energia para formação de engenheiros. A figura 11 mostra a distribuição da informação do aprendizado dos discentes conforme a fonte de informação. A contribuição dos livros é muito pequena e representa menos de 1% da energia total. A

informação prévia do aluno tem uma contribuição muito alta sendo muito importante na formação do engenheiro.

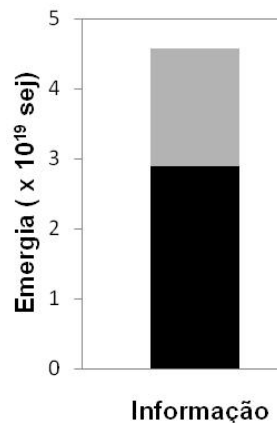


Figura 11. Emergia da informação recebida pelo engenheiro em sua vida acadêmica. Em preto a emergência do aluno do ensino médio e em cinza a emergência adquirida na universidade.

6.4. O papel das aulas práticas no curso de Engenharia

O difícil papel de uma grande universidade em inserir seus formandos no mercado de trabalho representa constante e crescente desafio. A competitividade e as inúmeras exigências do mundo profissional requerem muito empenho em laboratórios, nos quais, o aperfeiçoamento teórico, por meio de experiências, observações e atividades práticas, sob a orientação dos professores, representa um modelo realístico do campo das profissões. Aos alunos de Engenharia são oferecidas várias disciplinas experimentais durante o curso. A emergência da informação das aulas práticas recebidas pelo aluno durante o curso é de $1,42 \times 10^{19}$ sej (tabela 5), o que representa 59% da informação que o aluno recebe no curso de Engenharia da UNIP e enfatiza a importância das atividades experimentais de análise, observação e criação.

Considerando-se o papel das aulas práticas na formação de estudantes e observando que, nas aulas de laboratório a quantidade de alunos por professor é menor do que nas aulas teóricas, o aluno acaba tendo um contato maior com o

professor e empregando mais energia nessas aulas, devido ao manuseio de equipamentos e materiais. Neste trabalho, a transformidade da informação do professor nestas aulas foi multiplicada por dois com base nos estudos de Edgar Dale (NORBIS, 1971) e mostrado na tabela 5. A tabela 6 mostra a avaliação em emergia quando se inclui esta consideração.

Tabela 5. Cálculo da emergia da informação recebida pelos alunos de Engenharia nas aulas práticas (dos professores).

	unidade	cálculo	total
Energia dos professores da UNIP nas aulas de laboratório (1%)	J/ ano	$39 \times 120 \text{ kcal/ h} \times 4.186 \text{ J/ kcal} \times 2,01 \text{ h/dia} \times 205 \text{ dias/ano} \times 0,01$	$8,07 \times 10^7$
Energia dos professores da UNIP nas aulas de laboratório durante o curso	J/ 5 anos	$8,07 \times 10^7 \times 5 \text{ anos (duração do curso)}$	$4,04 \times 10^8$
Transformidades dos professores (Brasil)	sej/ J	$1,76 \times 10^{10} * \times 2$	$3,52 \times 10^{10}$
Energia da informação que o aluno recebe nas aulas práticas durante um ano de curso	sej/ ano	$= 8,07 \times 10^7 \text{ J/ ano} \times 3,52 \times 10^{10} \text{ sej/J}$	$2,84 \times 10^{18}$
Energia da informação que o aluno recebe nas aulas práticas durante o curso	sej/curso	$= 4,04 \times 10^8 \text{ J/ ano} \times 3,52 \times 10^{10} \text{ sej/J}$	$1,42 \times 10^{19}$

* Calculada e mostrada na Tabela 1

Observa-se na tabela 6 que a consideração de que o aluno aprende mais nas aulas práticas resulta em um aumento da emergia total do engenheiro para $6,11 \times 10^{19}$ sej/ano (13% maior do que quando foi considerado que as informações dos professores provenientes das aulas práticas eram iguais às das aulas teóricas). A transformidade do egresso também aumenta em 13%.

A tabela 6 mostra que a informação prévia do aluno continua sendo a que mais contribui para a emergia total da formação do engenheiro (47%), o que vem a reforçar a importância da formação do aluno nos ensinamentos fundamental e médio. A segunda maior contribuição é a da informação do professor que é transmitida e assimilada pelo aluno nas aulas de laboratório com 23% da emergia total e a terceira a emergia da informação do professor transmitida e assimilada pelo aluno nas aulas teóricas com 16% da emergia total. A infra-estrutura (que inclui a instalação e operação dos laboratórios) contribui com 14% sej/sej.

Tabela 6. Contabilidade em energia do curso de Engenharia da UNIP incluindo as aulas práticas

Item	Descrição	Un.	Quant. (un./5 anos)**	Energia/un. (sej/un.)*	Energia (sej)	% do total de energia	Ref.
Implantação (prédio)							
1	Concreto	g	$2,82 \times 10^9$	$1,54 \times 10^9$	$4,34 \times 10^{18}$	7%	Buranakarn, 2003
2	Aço	g	$8,25 \times 10^7$	$4,15 \times 10^9$	$3,42 \times 10^{17}$	< 1%	Buranakarn, 2003
3	Cerâmica	g	$1,68 \times 10^8$	$3,06 \times 10^9$	$5,13 \times 10^{17}$	< 1%	Buranakarn, 2003
4	Madeira	g	$4,35 \times 10^6$	$8,79 \times 10^8$	$3,82 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakarn, 2003
5	Ferro	g	$5,66 \times 10^6$	$4,15 \times 10^9$	$2,35 \times 10^{16}$	< 1%	Buranakarn, 2003
6	Plástico	g	$1,29 \times 10^6$	$5,75 \times 10^9$	$7,42 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakarn, 2003
7	Vidro (janelas e portas)	g	$1,69 \times 10^6$	$2,16 \times 10^9$	$3,64 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakarn, 2003
8	Vidro (lâmpadas)	g	$1,53 \times 10^5$	$2,16 \times 10^9$	$3,31 \times 10^{14}$	< 1%	Buranakarn, 2003
9	Alumínio	g	$1,62 \times 10^6$	$1,27 \times 10^{10}$	$2,05 \times 10^{16}$	< 1%	Buranakarn, 2003
10	Granito *	g	$7,56 \times 10^6$	$8,40 \times 10^8$	$6,35 \times 10^{15}$	< 1%	Odum, 1996
11	Computador	g	$8,05 \times 10^6$	$2,26 \times 10^{11}$	$1,82 \times 10^{18}$	3%	Cohen et al., 2006 (x2)
12	Data-show	g	$2,17 \times 10^4$	$1,13 \times 10^{11}$	$2,45 \times 10^{15}$	< 1%	Cohen et al., 2006
13	Retroprojektor	g	$1,09 \times 10^5$	$1,13 \times 10^{11}$	$1,23 \times 10^{16}$	< 1%	Cohen et al., 2006
14	Ventilador	g	$3,26 \times 10^5$	$4,10 \times 10^9$	$1,34 \times 10^{15}$	< 1%	Geber: Björklund, 2001
15	Vidreira (laboratório)	g	$7,73 \times 10^4$	$2,16 \times 10^9$	$1,67 \times 10^{14}$	< 1%	Buranakarn, 2003
16	Livro (estoque - biblioteca)	J	$1,91 \times 10^7$	$3,45 \times 10^9$	$6,59 \times 10^{16}$	< 1%	Odum, 1996
17	Funcionário	J	$5,45 \times 10^{10}$	$4,30 \times 10^6$	$2,34 \times 10^{17}$	< 1%	Coelho et al, 2002
Uso (prédio)							
18	Irradiação solar	J	$8,05 \times 10^{11}$	1	$8,05 \times 10^{11}$	< 1%	Por definição
19	Água (SABESP)	m ³	$1,06 \times 10^4$	$7,75 \times 10^{11}$	$8,23 \times 10^{15}$	< 1%	Buenfil, 2001
20	Água (Poço)	m ³	$3,87 \times 10^4$	$7,75 \times 10^{11}$	$3,00 \times 10^{16}$	< 1%	Buenfil, 2001
21	Energia Elétrica *	J	$1,74 \times 10^{12}$	$2,69 \times 10^5$	$4,69 \times 10^{17}$	< 1%	Odum Pág 305
22	Papel (sulfite)	g	$2,64 \times 10^7$	$2,38 \times 10^9$	$6,27 \times 10^{16}$	< 1%	Meillaud et al., 2005
23	Papel (toalha e higiênico)	g	$1,04 \times 10^8$	$2,38 \times 10^9$	$2,47 \times 10^{17}$	< 1%	Meillaud et al., 2005
24	Plástico (copos)	g	$4,43 \times 10^6$	$5,76 \times 10^9$	$2,55 \times 10^{16}$	< 1%	Buranakarn, 1998
25	Produto químico (laboratório) *	g	$5,00 \times 10^4$	$6,38 \times 10^8$	$3,19 \times 10^{13}$	< 1%	Odum, 1996
26	Livro (entra todo ano) *	J	$9,55 \times 10^6$	$3,45 \times 10^9$	$3,30 \times 10^{16}$	< 1%	Odum, 1996
					$8,27 \times 10^{18}$		
Informação							
27	Informação (Professor) – Aulas teóricas	J	$5,51 \times 10^8$	$1,76 \times 10^{10}$	$9,70 \times 10^{18}$	16%	Calculada, Tabela 1
28	Informação (Professor) - Aulas práticas	J	$4,04 \times 10^8$	$3,52 \times 10^{10}$	$1,42 \times 10^{19}$	23%	Calculada, Tabela 1 (x2)
29	Informação (Livro*) – (1%)	J	$3,93 \times 10^6$	$3,45 \times 10^9$	$1,35 \times 10^{16}$	< 1%	Odum, 1996
30	Informação (Aluno) - (10%)	J	$3,53 \times 10^{10}$	$8,20 \times 10^8$	$2,89 \times 10^{19}$	47%	Calculada, Tabela 2
					$5,28 \times 10^{19}$		
Energia Total					$6,11 \times 10^{19}$	100,00%	
Saída							
Engenheiro		J	$8,57 \times 10^9$	$7,13 \times 10^9$	$6,11 \times 10^{19}$		

* As energias por unidade anteriores a 2000 foram multiplicadas por 1,68 para converter na base nova (até 2000 – base: $9,44 \times 10^{24}$ sej/ano e após 2000 – base $15,83 \times 10^{24}$ sej/ano) – (ODUM et al., 2000).

27, 28, 29 e 30: Anexo C

28: Informação do professor nas aulas práticas: energia por unidade (transformidade) foi considerada o dobro da transformidade da informação dos professores nas aulas teóricas devido ao maior aproveitamento do aluno (NORBIS, 1971).

**O curso de Engenharia é de 5 anos, as entradas da coluna 4 foram multiplicadas por cinco, com exceção da informação prévia trazida pelo aluno que só entra uma vez.

Considerando a informação do professor transmitida nas aulas práticas, diferente daquela das aulas teóricas, a transformidade do engenheiro formado pela UNIP passa a ser 8,7 vezes maior que a transformidade de um aluno que termina o Ensino Médio.

A figura 12 mostra a distribuição da informação do aprendizado dos discentes conforme a fonte, em comparação com o caso em que se considerava que o aproveitamento das aulas de laboratório era igual ao das aulas em classe. Observa-se que a energia da informação do professor é 42% maior quando se considera que as aulas práticas possuem uma transformidade maior que as aulas teóricas. A energia da informação, quando se considerou todas as aulas iguais, foi de $1,68 \times 10^{19}$ sej (mostrado na figura 12 em cinza), mas essa energia aumenta quando se consideram as aulas práticas separadas das aulas teóricas. Somando as duas obtém-se um valor em energia de $2,39 \times 10^{19}$ sej (mostrado na figura 12 em branco).

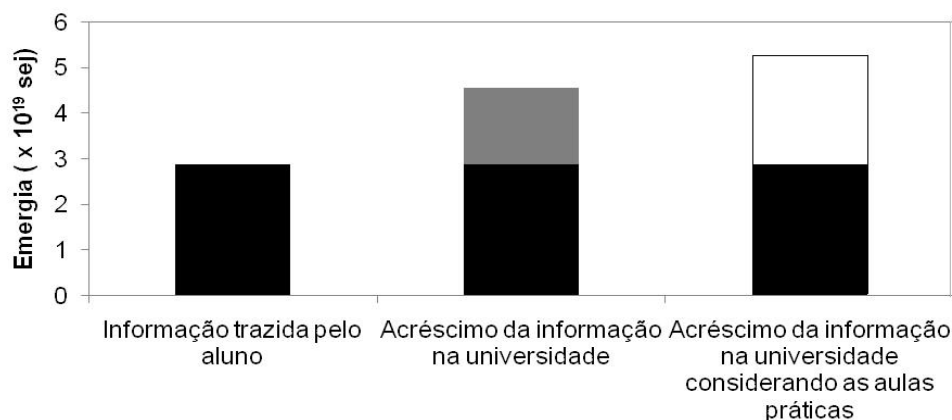


Figura 12. Informação do aprendizado conforme a fonte de informação em comparação com o caso em que se considera que as aulas teóricas e práticas são iguais. O preto mostra a energia da informação trazida pelo aluno do ensino médio. Em cinza mostra o acréscimo da informação recebida das aulas, considerando-se teóricas e práticas iguais e em branco o acréscimo das aulas considerando aulas práticas com transformidade maior que a das aulas teóricas.

6.5. Contabilidade ambiental em energia do Curso de Farmácia

Além do curso de Engenharia, foram avaliados um curso de Ciências da Saúde (Farmácia) e um curso de Ciências Sociais (Administração) seguindo os mesmos critérios utilizados para o de Engenharia (Ciências Exatas e Tecnologia) . A figura 13 mostra o diagrama de energia do curso de Farmácia.

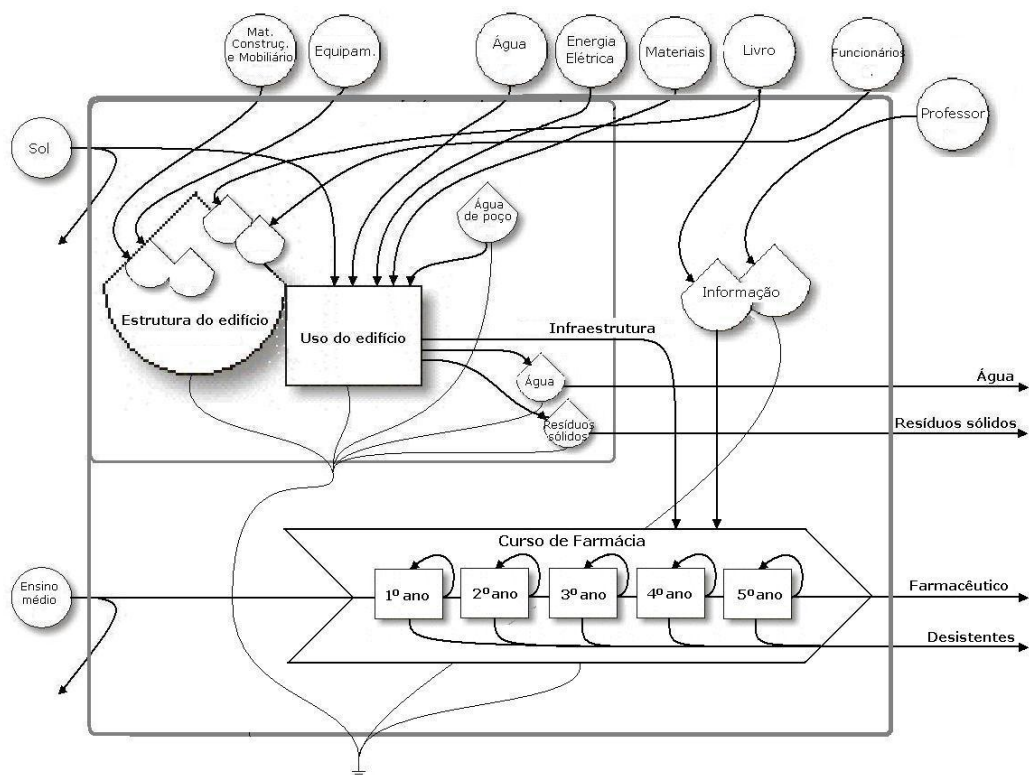


Figura 13. Diagrama de energia do curso de Farmácia do campus Indianópolis da UNIP.

A tabela 7 mostra que a informação do professor que é transmitida e assimilada pelo aluno é a que mais contribui para a energia total da formação do farmacêutico (39%). A segunda maior contribuição é a informação prévia do aluno (33%). A infraestrutura contribui com 28% sej/sej. Este resultado difere do obtido para o curso de engenharia, em que a contribuição da informação prévia dos alunos é a que mais contribui para a energia total. Porém, esta diferença pode ser explicada pelo número de alunos atendidos pelo professor, que no curso de Farmácia é menor que no curso de Engenharia. Na Engenharia há uma razão de 953 aulas / 2770 alunos (0,35 aulas por aluno) e no curso de Farmácia temos uma razão de 94 aulas / 199 alunos (0,47 aulas por aluno).

Tabela 7. Contabilidade em emergia do curso de Farmácia da UNIP

Item	Descrição	Un.	Quant. (un./ 5 anos)**	Emergia/un. (sej/un.)*	Emergia (sej)	% do total de emergia	Ref.
Implantação (prédio)							
1	Concreto	g	$5,60 \times 10^8$	$1,54 \times 10^9$	$8,62 \times 10^{17}$	20%	Buranakarn, 2003
2	Aço	g	$1,68 \times 10^7$	$4,15 \times 10^9$	$6,97 \times 10^{16}$	2%	Buranakarn, 2003
3	Cerâmica	g	$3,34 \times 10^7$	$3,06 \times 10^9$	$1,02 \times 10^{17}$	2%	Buranakarn, 2003
4	Madeira	g	$1,44 \times 10^6$	$8,79 \times 10^8$	$1,26 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakarn, 2003
5	Plástico	g	$1,03 \times 10^5$	$5,75 \times 10^9$	$5,92 \times 10^{14}$	< 1%	Buranakarn, 2003
6	Ferro	g	$5,33 \times 10^5$	$4,15 \times 10^9$	$2,21 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakarn, 2003
7	Alumínio	g	$2,70 \times 10^5$	$1,27 \times 10^{10}$	$3,42 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakarn, 2003
8	Granito*	g	$1,51 \times 10^6$	$8,40 \times 10^8$	$1,27 \times 10^{15}$	< 1%	Odum, 1996
9	Vidro (janelas e portas)	g	$2,57 \times 10^5$	$2,16 \times 10^9$	$5,55 \times 10^{14}$	< 1%	Buranakarn, 2003
10	Vidro (lâmpadas das luminárias)	g	$2,42 \times 10^4$	$2,16 \times 10^9$	$5,24 \times 10^{13}$	< 1%	Buranakarn, 2003
11	Funcionário	J	$3,92 \times 10^9$	$4,30 \times 10^6$	$1,68 \times 10^{16}$	< 1%	Coelho et al, 2002
12	Computador	g	$1,40 \times 10^5$	$2,26 \times 10^{11}$	$3,17 \times 10^{16}$	< 1%	Cohen et al., 2006 (x2)
13	Microscópio	g	$2,31 \times 10^5$	$2,26 \times 10^{11}$	$5,22 \times 10^{16}$	1%	Cohen et al., 2006 (x2)
14	Data-show	g	$1,55 \times 10^3$	$1,13 \times 10^{11}$	$1,75 \times 10^{14}$	< 1%	Cohen et al., 2006
15	Retroprojeter	g	$7,80 \times 10^3$	$1,13 \times 10^{11}$	$8,81 \times 10^{14}$	< 1%	Cohen et al., 2006
16	Ventilador	g	$4,34 \times 10^4$	$4,10 \times 10^9$	$1,78 \times 10^{14}$	< 1%	Geber: Björklund, 2001
17	Vidraria (laboratório)	g	$6,39 \times 10^5$	$2,16 \times 10^9$	$1,38 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakarn, 2003
18	Livro (estoque - biblioteca)*	J	$5,75 \times 10^6$	$3,45 \times 10^9$	$1,98 \times 10^{16}$	< 1%	Odum, 1996
Uso do prédio							
19	Irradiação solar	J	$8,05 \times 10^{11}$	1	$8,05 \times 10^{11}$	< 1%	Por definição
20	Água (SABESP)	m ³	$7,65 \times 10^2$	$7,75 \times 10^{11}$	$5,93 \times 10^{14}$	< 1%	Buenfil, 2001
21	Água (Poço)	m ³	$2,79 \times 10^3$	$7,75 \times 10^{11}$	$2,16 \times 10^{15}$	< 1%	Buenfil, 2001
22	Energia Elétrica*	J	$1,97 \times 10^{10}$	$2,69 \times 10^5$	$5,28 \times 10^{15}$	< 1%	Odum Pág 305
23	Papel (sulfite)	g	$1,90 \times 10^6$	$2,38 \times 10^9$	$4,51 \times 10^{15}$	< 1%	Meillaud et al., 2005
24	Papel (toalha e higiênico))	g	$6,22 \times 10^5$	$2,38 \times 10^9$	$1,48 \times 10^{15}$	< 1%	Meillaud et al., 2005
25	Plástico (copos)	g	$3,19 \times 10^5$	$5,76 \times 10^9$	$1,83 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakarn, 1998
26	Produto químico (laboratório)*	g	$5,00 \times 10^4$	$6,38 \times 10^8$	$3,19 \times 10^{13}$	< 1%	Odum, 1996
27	Livro (entra todo ano)*	J	$7,65 \times 10^6$	$3,45 \times 10^9$	$2,64 \times 10^{16}$	< 1%	Odum, 1996
Informação							
28	Informação (Professor) - (1%)	J	$9,40 \times 10^7$	$1,76 \times 10^{10}$	$1,65 \times 10^{18}$	39%	Calculada
29	Informação (Livro*) - (1%)	J	$1,23 \times 10^6$	$3,45 \times 10^9$	$4,23 \times 10^{15}$	< 1%	Odum, 1996
30	Informação (Aluno) - (10%)	J	$1,71 \times 10^9$	$8,20 \times 10^8$	$1,40 \times 10^{18}$	33%	Calculada
Emergia Total					$4,27 \times 10^{18}$	100,00%	
Saída (Informação que leva)							
Farmacêutico		J	$1,17 \times 10^9$	$3,65 \times 10^9$	$4,27 \times 10^{18}$		

* As emergias por unidade anteriores a 2000 foram multiplicadas por 1,68 para converter na base nova (até 2000 – base: $9,44 \times 10^{24}$ sej/ano e após 2000 – base $15,83 \times 10^{24}$ sej/ano) – (ODUM et al., 2000).

28, 29 e 30: Anexo G

**O curso de Farmácia é de 5 anos, as entradas da coluna 4 foram multiplicadas por cinco, com exceção da informação prévia trazida pelo aluno que só entra uma vez.

A transformidade do farmacêutico formado pela UNIP é 4,5 vezes maior que a de um aluno que termina o Ensino Médio. Esse aumento está associado ao investimento da universidade em professores, livros e nos recursos e infraestrutura do edifício.

6.6. O papel das aulas práticas no curso de Farmácia

O curso de Farmácia também oferece várias disciplinas experimentais. A energia da informação das aulas práticas recebidas pelo aluno durante o curso é de $1,11 \times 10^{18}$ sej (tabela 8), essa informação representa 40% da informação que o aluno recebe no curso de Farmácia da UNIP e enfatiza a importância das aulas experimentais.

A tabela 8 mostra a transformidade da informação do professor nas aulas de laboratório multiplicada por dois (NORBIS, 1971). A tabela 9 mostra a avaliação em energia quando se inclui as aulas práticas com maior transformidade.

Tabela 8. Cálculo da energia da informação recebida pelos alunos de Farmácia nas aulas práticas (dos professores)

	unidade	cálculo	total
Energia dos professores da UNIP nas aulas de laboratório (1%)	J/ ano	$10 \times 120 \text{ kcal/ h} \times 4.186 \text{ J/ kcal} \times 0,61\text{h/dia} \times 205 \text{ dias/ano} \times 0,01$	$6,28 \times 10^6$
Energia dos professores da UNIP nas aulas de laboratório durante o curso	J/ 5 anos	$6,28 \times 10^6 \times 5 \text{ anos (duração do curso)}$	$3,14 \times 10^7$
Transformidades dos professores (Brasil)	sej/ J	$1,76 \times 10^{10} * \times 2$	$3,52 \times 10^{10}$
Energia da informação que o aluno recebe nas aulas práticas durante um ano de curso	sej/ ano	$= 6,28 \times 10^6 \text{ J/ ano} \times 3,52 \times 10^{10} \text{ sej/J}$	$2,22 \times 10^{17}$
Energia da informação que o aluno recebe nas aulas práticas durante o curso	sej/curso	$= 3,14 \times 10^7 \text{ J/ ano} \times 3,52 \times 10^{10} \text{ sej/J}$	$1,11 \times 10^{19}$

* Calculada e mostrada na Tabela 1

A consideração de que o aluno aprende mais nas aulas práticas (tabela 9) resulta em um aumento da energia total do farmacêutico para $5,38 \times 10^{18}$ sej/ano (26% maior do que quando foi considerado que as informações dos professores provenientes das aulas práticas eram iguais às das aulas teóricas).

A tabela 9 mostra que a informação dos professores transmitida e assimilada pelo aluno nas aulas teóricas é a que mais contribui para a energia total da formação do farmacêutico (31%). A segunda maior contribuição é a informação prévia dos alunos com 26% da energia total. A energia da informação dos professores transmitida e

assimilada pelo aluno nas aulas práticas contribui com 21% da emergia total e a infraestrutura contribui com 22% sej/sej.

Tabela 9. Contabilidade em emergia do curso de Farmácia da UNIP incluindo as aulas práticas

Item	Descrição	Un.	Quant. (un./ 5 anos)	Emergia/un. (sej/un.)*	Emergia (sej)	% do total de emergia	Ref.
Implantação (prédio)							
1	Concreto	g	$5,60 \times 10^8$	$1,54 \times 10^9$	$8,62 \times 10^{17}$	16%	Buranakarn, 2003
2	Aço	g	$1,68 \times 10^7$	$4,15 \times 10^9$	$6,97 \times 10^{16}$	1%	Buranakarn, 2003
3	Cerâmica	g	$3,34 \times 10^7$	$3,06 \times 10^9$	$1,02 \times 10^{17}$	2%	Buranakarn, 2003
4	Madeira	g	$1,44 \times 10^6$	$8,79 \times 10^9$	$1,26 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakarn, 2003
5	Plástico	g	$1,03 \times 10^5$	$5,75 \times 10^9$	$5,92 \times 10^{14}$	< 1%	Buranakarn, 2003
6	Ferro	g	$5,33 \times 10^5$	$4,15 \times 10^9$	$2,21 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakarn, 2003
7	Alumínio	g	$2,70 \times 10^9$	$1,27 \times 10^{10}$	$3,42 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakarn, 2003
8	Granito*	g	$1,51 \times 10^6$	$8,40 \times 10^8$	$1,27 \times 10^{15}$	< 1%	Odum, 1996
9	Vidro (janelas e portas)	g	$2,57 \times 10^5$	$2,16 \times 10^9$	$5,55 \times 10^{14}$	< 1%	Buranakarn, 2003
10	Vidro (lâmpadas das luminárias)	g	$2,42 \times 10^4$	$2,16 \times 10^9$	$5,24 \times 10^{13}$	< 1%	Buranakarn, 2003
11	Funcionário	J	$3,92 \times 10^9$	$4,30 \times 10^6$	$1,68 \times 10^{16}$	< 1%	Coelho et al, 2002
12	Computador	g	$1,40 \times 10^5$	$2,26 \times 10^{11}$	$3,17 \times 10^{16}$	< 1%	Cohen et al., 2006 (x2)
13	Microscópio	g	$2,31 \times 10^5$	$2,26 \times 10^{11}$	$5,22 \times 10^{16}$	1%	Cohen et al., 2006 (x2)
14	Data-show	g	$1,55 \times 10^3$	$1,13 \times 10^{11}$	$1,75 \times 10^{14}$	< 1%	Cohen et al., 2006
15	Retroprojektor	g	$7,80 \times 10^3$	$1,13 \times 10^{11}$	$8,81 \times 10^{14}$	< 1%	Cohen et al., 2006
16	Ventilador	g	$4,34 \times 10^4$	$4,10 \times 10^9$	$1,78 \times 10^{14}$	< 1%	Geber: Björklund, 2001
17	Vidreira (laboratório)	g	$6,39 \times 10^5$	$2,16 \times 10^9$	$1,38 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakarn, 2003
18	Livro (estoque - biblioteca)*	J	$5,75 \times 10^6$	$3,45 \times 10^9$	$1,98 \times 10^{16}$	< 1%	Odum, 1996
Uso (prédio)							
19	Irradiação solar	J	$8,05 \times 10^{11}$	1	$8,05 \times 10^{11}$	< 1%	Por definição
20	Água (SABESP)	m ³	$7,65 \times 10^2$	$7,75 \times 10^{11}$	$5,93 \times 10^{14}$	< 1%	Buenfil, 2001
21	Água (Poço)	m ³	$2,79 \times 10^3$	$7,75 \times 10^{11}$	$2,16 \times 10^{15}$	< 1%	Buenfil, 2001
22	Energia Elétrica*	J	$1,97 \times 10^{10}$	$2,69 \times 10^5$	$5,28 \times 10^{15}$	< 1%	Odum Pág 305
23	Papel (sulfite)	g	$1,90 \times 10^6$	$2,38 \times 10^9$	$4,51 \times 10^{15}$	< 1%	Meillaud et al., 2005
24	Papel (toalha e higiênico)	g	$6,22 \times 10^5$	$2,38 \times 10^9$	$1,48 \times 10^{15}$	< 1%	Meillaud et al., 2005
25	Plástico (copos)	g	$3,19 \times 10^5$	$5,76 \times 10^9$	$1,83 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakarn, 1998
26	Produto químico (laboratório)*	g	$5,00 \times 10^4$	$6,38 \times 10^8$	$3,19 \times 10^{13}$	< 1%	Odum, 1996
27	Livro (entra todo ano)*	J	$7,65 \times 10^6$	$3,45 \times 10^9$	$2,64 \times 10^{16}$	< 1%	Odum, 1996
					$1,22 \times 10^{18}$		
Informação							
28	Informação Professor --> Aluno - (1%)	J	$9,40 \times 10^7$	$1,76 \times 10^{10}$	$1,65 \times 10^{18}$	31%	Calculada
29	Aulas práticas	J	$3,14 \times 10^7$	$3,52 \times 10^{10}$	$1,11 \times 10^{18}$	21%	Calculada (x2)
30	Informação Livro --> Aluno* (1%)	J	$1,23 \times 10^6$	$3,45 \times 10^9$	$4,23 \times 10^{15}$	< 1%	Odum, 1996
31	Informação do Aluno (EM) - (10%)	J	$1,71 \times 10^9$	$8,20 \times 10^8$	$1,40 \times 10^{18}$	26%	Calculada
					$4,16 \times 10^{18}$		
Emergia Total					$5,38 \times 10^{18}$	100,00%	
Saída							
Farmacêutico		J	$1,17 \times 10^9$	$4,59 \times 10^9$	$5,38 \times 10^{18}$		

* As emergias por unidade anteriores a 2000 foram multiplicadas por 1,68 para converter na base nova (até 2000 – base: $9,44 \times 10^{24}$ sej/ano e após 2000 – base $15,83 \times 10^{24}$ sej/ano) – (ODUM et al., 2000).

28, 29, 30 e 31: Anexo G; 29: Informação do professor nas aulas práticas: emergia por unidade (transformidade) foi considerada o dobro da transformidade da informação dos professores nas aulas teóricas devido ao maior aproveitamento do aluno (NORBIS, 1971).

Considerando a informação do professor transmitida nas aulas práticas, diferente da informação das aulas teóricas, a transformidade do farmacêutico formado pela UNIP passa a ser 5,6 vezes maior que a transformidade de um aluno que termina o Ensino Médio. A transformidade do egresso é 26% maior do que quando foi considerado que as informações dos professores provenientes das aulas práticas eram iguais às das aulas teóricas.

6.7. Contabilidade ambiental em energia do Curso de Administração

A figura 14 mostra o diagrama de energia do curso de Administração em que se observa as entradas de infraestrutura e informação para formar um administrador.

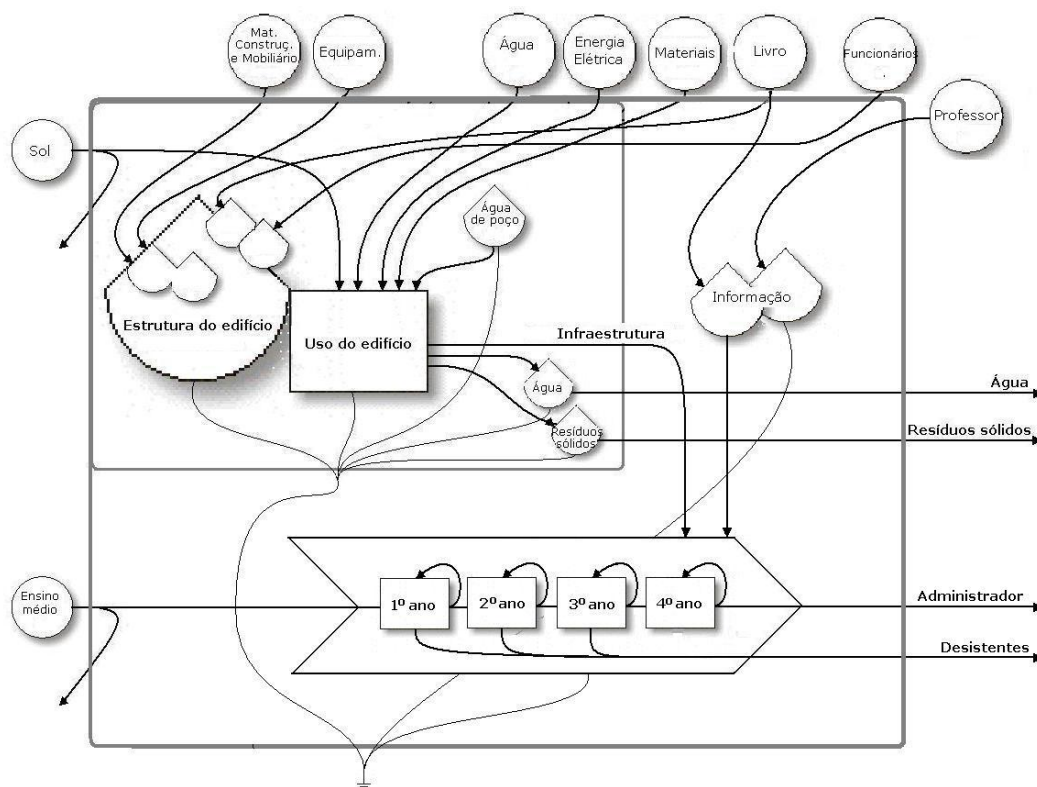


Figura 14. Diagrama de energia do curso de Administração do campus Indianópolis da UNIP.

Tabela 10. Contabilidade em emergia do curso de Administração da UNIP

Item	Descrição	Un.	Quant. (un./5 anos)**	Emergia/un. (sej/un.)*	Emergia (sej)	% do total de emergia	Ref.
Implantação (prédio)							
1	Concreto	g	$1,84 \times 10^8$	$1,54 \times 10^9$	$2,83 \times 10^{17}$	5%	Buranakarn, 2003
2	Aço	g	$5,32 \times 10^6$	$4,15 \times 10^9$	$2,21 \times 10^{16}$	< 1%	Buranakarn, 2003
3	Cerâmica	g	$3,70 \times 10^6$	$3,06 \times 10^9$	$1,13 \times 10^{16}$	< 1%	Buranakarn, 2003
4	Madeira	g	$4,79 \times 10^5$	$8,79 \times 10^8$	$4,21 \times 10^{14}$	< 1%	Buranakarn, 2003
5	Plástico	g	$1,60 \times 10^5$	$5,75 \times 10^9$	$9,21 \times 10^{14}$	< 1%	Buranakarn, 2003
6	Ferro	g	$6,30 \times 10^5$	$4,15 \times 10^9$	$2,61 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakarn, 2003
7	Alumínio	g	$1,55 \times 10^5$	$1,27 \times 10^{10}$	$1,97 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakarn, 2003
8	Granito*	g	$6,83 \times 10^5$	$8,40 \times 10^8$	$5,74 \times 10^{14}$	< 1%	Odum, 1996
9	Vidro (janelas e portas)	g	$2,36 \times 10^5$	$2,16 \times 10^9$	$5,09 \times 10^{14}$	< 1%	Buranakarn, 2003
10	Vidro (lâmpadas das luminárias)	g	$1,35 \times 10^4$	$2,16 \times 10^9$	$2,91 \times 10^{13}$	< 1%	Buranakarn, 2003
11	Funcionário	J	$7,40 \times 10^9$	$4,30 \times 10^6$	$3,18 \times 10^{16}$	< 1%	Coelho et al, 2002
12	Computador	g	$6,84 \times 10^5$	$2,26 \times 10^{11}$	$1,55 \times 10^{17}$	3%	Cohen et al., 2006 (x2)
13	Data-show	g	$3,02 \times 10^3$	$1,13 \times 10^{11}$	$3,42 \times 10^{14}$	< 1%	Cohen et al., 2006
14	Retroprojeter	g	$1,47 \times 10^4$	$1,13 \times 10^{11}$	$1,66 \times 10^{15}$	< 1%	Cohen et al., 2006
15	Ventilador	g	$2,74 \times 10^4$	$4,10 \times 10^9$	$1,12 \times 10^{14}$	< 1%	Geber: Björklund, 2001
16	Livro (estoque - biblioteca)*	J	$3,82 \times 10^6$	$3,45 \times 10^9$	$1,32 \times 10^{16}$	< 1%	Odum, 1996
Uso do prédio							
17	Irradiação solar	J	$7,16 \times 10^{10}$	1	$7,16 \times 10^{10}$	< 1%	Por definição
18	Água (SABESP)	m ³	$1,46 \times 10^3$	$7,75 \times 10^{11}$	$1,13 \times 10^{15}$	< 1%	Buenfil, 2001
19	Água (Poço)	m ³	$5,31 \times 10^3$	$7,75 \times 10^{11}$	$4,11 \times 10^{15}$	< 1%	Buenfil, 2001
20	Energia Elétrica*	J	$3,75 \times 10^{10}$	$2,69 \times 10^5$	$1,01 \times 10^{16}$	< 1%	Odum Pág 305
21	Papel (sulfite)	g	$3,61 \times 10^6$	$2,38 \times 10^9$	$8,60 \times 10^{15}$	< 1%	Meillaud et al., 2005
22	Papel (toalha e higiênico))	g	$1,19 \times 10^6$	$2,38 \times 10^9$	$2,82 \times 10^{15}$	< 1%	Meillaud et al., 2005
23	Plástico (copos)	g	$6,07 \times 10^5$	$5,76 \times 10^9$	$3,50 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakarn, 1998
24	Livro (entra todo ano)*	J	$4,60 \times 10^6$	$3,45 \times 10^9$	$1,59 \times 10^{16}$	< 1%	Odum, 1996
Informação							
25	Informação (Professor) - (1%)	J	$1,12 \times 10^8$	$1,76 \times 10^{10}$	$1,97 \times 10^{18}$	33%	Calculada
26	Informação (Livro*) - (1%)	J	$8,10 \times 10^5$	$3,45 \times 10^9$	$2,80 \times 10^{15}$	< 1%	Odum, 1996
27	Informação (Aluno) - (10%)	J	$4,25 \times 10^9$	$8,20 \times 10^8$	$3,49 \times 10^{18}$	58%	Calculada
Emergia Total					$6,03 \times 10^{18}$	100%	
Saída (Informação que leva)							
Administrador		J	$3,94 \times 10^9$	$1,53 \times 10^9$	$6,03 \times 10^{18}$		

* As emergias por unidade anteriores a 2000 foram multiplicadas por 1,68 para converter na base nova (até 2000 – base: $9,44 \times 10^{24}$ sej/ano e após 2000 – base $15,83 \times 10^{24}$ sej/ano) – (ODUM et al., 2000).
25, 26 e 27: Anexo K

**O curso de Administração é de 4 anos, as entradas da coluna 4 foram multiplicadas por quatro, com exceção da informação prévia trazida pelo aluno que só entra uma vez.

A tabela 10 mostra que a informação prévia do aluno é a que mais contribui para a emergia total da formação do administrador (58%). A segunda maior contribuição é a da informação do professor que é transmitida e assimilada pelo aluno, com 33% da emergia total. A infra-estrutura contribui com apenas 9% sej/sej. No curso de Administração, assim como no curso de Engenharia, as turmas são maiores e um

professor atende a um número maior de alunos. Na Engenharia, nas aulas de laboratório as turmas são menores e o professor atende um número menor de alunos e na Administração, como todas as aulas são teóricas, o professor atende um número maior de alunos em todas as aulas. Na engenharia há uma razão de 953 aulas / 2770 alunos (0,35 aulas por aluno) e na administração 140 aulas / 474 alunos (0,29 aulas por aluno).

A transformidade do administrador formado pela UNIP é 1,9 vez maior que a de um aluno que termina o Ensino Médio. Esse aumento é devido ao uso do conhecimento contido nos livros, dos recursos e infraestrutura do edifício oferecidos pela universidade, ao aprendizado e à informação transmitida pelos professores.

7. Indicadores

7.1. Cálculo dos indicadores

De posse da contabilidade em energia dos cursos da UNIP, podem-se calcular indicadores que poderão ser utilizados para comparar os resultados obtidos com outros estudos publicados na literatura ou com os outros cursos de graduação desta e de outras universidades.

Quanto ao uso do edifício e da infraestrutura necessária para a operação dos cursos, observa-se que o curso de Farmácia utiliza mais energia por aluno do que os cursos de Engenharia e Administração (tabela 11). Isto se deve ao fato de que o curso de Farmácia tem poucos alunos. Sabe-se que, com a mesma infraestrutura e o mesmo número de professores o curso de Farmácia poderia atender 400 alunos, mas o curso conta com apenas 199. Destaca-se que os laboratórios são utilizados pelos alunos do curso de Farmácia apenas uma ou duas vezes por semana cada um. Já os laboratórios utilizados pelo curso de Engenharia são utilizados todos os dias da semana por turmas de alunos diferentes para atender os 2770 alunos do curso. No total, são empregados $2,04 \times 10^{18}$ sej/ano para manter os três cursos em operação e em média, a cada aluno dos três cursos corresponde um valor de energia de $7,04 \times 10^{14}$ sej/ano.

Tabela 11. Energia correspondente ao uso dos edifícios e da infraestrutura pelos alunos de cada curso de acordo com a infraestrutura oferecida pela universidade.

	Engenharia	Farmácia	Administração	Total
Energia / (x 10 ¹⁷ sej/ano)	16,5	2,42	1,43	20,4
Energia por unidade / (x 10 ¹⁴ sej/aluno)	5,96	12,2	3,02	

Se o número de alunos do curso de Farmácia fosse proporcional à infraestrutura oferecida (400 alunos), a energia por aluno deste curso passaria a 6,05 x 10¹⁴ sej/ por aluno, um valor semelhante ao calculado para o curso de Engenharia. Ressalta-se que o curso de Administração não utiliza laboratórios e, desta forma o investimento em infraestrutura para formar um administrador corresponde a 51% daquele aplicado para o curso de Engenharia (tabela 11).

Quanto à informação recebida durante os cursos, podem-se observar os indicadores na tabela 12. Os valores mostrados referem-se ao caso em que a informação transmitida nas aulas de laboratório foi contabilizada com maior transformidade para os cursos de Engenharia e Farmácia. Os cálculos dos indicadores do curso de Engenharia, Farmácia e Administração são apresentados nos Anexos D, H e L.

Tabela 12. Comparação do curso de Engenharia com os cursos de Farmácia e Administração, considerando-se o valor das aulas de laboratório.

Indicadores	Engenharia	Farmácia	Administração
Energia do curso por aluno (x 10 ¹⁶ sej / aluno curso)	2,20	2,70	1,27
Energia da informação recebida por aluno (x 10 ¹⁵ sej / aluno curso)	8,63	13,9	4,16
Transformidade (x 10 ⁹ sej/J)	7,13	4,59	1,53

Pela tabela 12 vê-se que o curso de Farmácia apresenta energia por aluno 22% maior que o curso de Engenharia. Este resultado é devido à menor quantidade de alunos no curso de Farmácia (199, uma média de 40 alunos por sala). A energia da informação recebida também é maior para o curso de Farmácia (61% maior), pois o curso de Farmácia possui um professor para uma média de 40 alunos nas aulas

teóricas e práticas. Já o de Engenharia possui um professor para uma média de 80 alunos nas aulas teóricas e 25 alunos nas aulas práticas.

Percebe-se que o curso de Administração apresenta valor de energia por aluno 64% menor que o curso de Engenharia (tabela 12). Isso deve-se ao fato de que o aluno daquele curso não participa de aulas de laboratório, portanto o espaço no prédio utilizado pelos alunos do curso é menor se comparado com o curso de Engenharia que possui vários laboratórios. A energia da informação recebida também é aproximadamente a metade da obtida no curso de Engenharia (tabela 12), pois o curso de Administração possui turmas de 70 alunos em média e essas turmas não são divididas para as aulas de laboratório como acontece na Engenharia em que, nas aulas de laboratório, as turmas são divididas em outras de no máximo 25 alunos.

Os resultados obtidos na comparação do curso de Administração com o de Engenharia eram esperados, já que o curso de Administração é constituído por turmas grandes, não oferece aulas práticas e tem duração de 4 anos. Quando se compara o curso de Engenharia com o de Farmácia, observa-se que o curso de Farmácia possui uma quantidade menor de alunos (199) do que o que corresponde à infraestrutura oferecida pela universidade. Por um lado, os laboratórios utilizados pelo curso de Farmácia ficam vazios em algumas noites já que o curso possui apenas uma turma de cada ano, enquanto os laboratórios utilizados pelo curso de Engenharia estão sempre em uso, pois o curso possui muitas turmas de cada ano. Por outro lado, os professores do curso de Farmácia e Engenharia recebem da universidade infraestrutura semelhante, e cada turma de Farmácia poderia comportar 80 alunos nas aulas teóricas e dividi-las somente nas aulas práticas. A tabela 13 mostra o curso de Farmácia com turmas de 80 alunos (400 alunos no curso). Com este número nas aulas teóricas e 40 alunos nas aulas práticas, toda a energia da infraestrutura, da informação dos professores em aulas teóricas e dos livros é a mesma. A mudança se dá apenas no valor da energia da informação nas aulas de laboratório, pois necessita-se de dois professores nessas aulas, um para cada 40 alunos (o anexo G.1 mostra o cálculo da energia dos professores nas aulas de laboratório). A tabela 14 mostra os indicadores do curso de Farmácia no caso de serem formadas turmas de 80 alunos (anexo H.4).

Tabela 13. Contabilidade em energia do curso de Farmácia da UNIP incluindo as aulas práticas, com 400 alunos na Farmácia (80 alunos por turma).

Item	Descrição	Un.	Quant. (un./5 anos)	Energia/un. (sej/un.)*	Energia (sej)	% do total de energia	Ref.
Implantação (prédio)							
1	Concreto	g	$5,60 \times 10^8$	$1,54 \times 10^9$	$8,62 \times 10^{17}$	13%	Buranakarn, 2003
2	Aço	g	$1,68 \times 10^7$	$4,15 \times 10^9$	$6,97 \times 10^{16}$	1%	Buranakarn, 2003
3	Cerâmica	g	$3,34 \times 10^7$	$3,06 \times 10^9$	$1,02 \times 10^{17}$	2%	Buranakarn, 2003
4	Madeira	g	$1,44 \times 10^6$	$8,79 \times 10^8$	$1,26 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakarn, 2003
5	Plástico	g	$1,03 \times 10^5$	$5,75 \times 10^9$	$5,92 \times 10^{14}$	< 1%	Buranakarn, 2003
6	Ferro	g	$5,33 \times 10^5$	$4,15 \times 10^9$	$2,21 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakarn, 2003
7	Alumínio	g	$2,70 \times 10^9$	$1,27 \times 10^{10}$	$3,42 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakarn, 2003
8	Granito*	g	$1,51 \times 10^6$	$8,40 \times 10^8$	$1,27 \times 10^{15}$	< 1%	Odum, 1996
9	Vidro (janelas e portas)	g	$2,57 \times 10^5$	$2,16 \times 10^9$	$5,55 \times 10^{14}$	< 1%	Buranakarn, 2003
10	Vidro (lâmpadas das luminárias)	g	$2,42 \times 10^4$	$2,16 \times 10^9$	$5,24 \times 10^{13}$	< 1%	Buranakarn, 2003
11	Funcionário	J	$3,92 \times 10^9$	$4,30 \times 10^6$	$1,68 \times 10^{16}$	< 1%	Coelho et al, 2002
12	Computador	g	$1,40 \times 10^5$	$2,26 \times 10^{11}$	$3,17 \times 10^{16}$	< 1%	Cohen et al., 2006 (x2)
13	Microscópio	g	$2,31 \times 10^5$	$2,26 \times 10^{11}$	$5,22 \times 10^{16}$	1%	Cohen et al., 2006 (x2)
14	Data-show	g	$1,55 \times 10^3$	$1,13 \times 10^{11}$	$1,75 \times 10^{14}$	< 1%	Cohen et al., 2006
15	Retroprojeter	g	$7,80 \times 10^3$	$1,13 \times 10^{11}$	$8,81 \times 10^{14}$	< 1%	Cohen et al., 2006
16	Ventilador	g	$4,34 \times 10^4$	$4,10 \times 10^9$	$1,78 \times 10^{14}$	< 1%	Geber: Björklund, 2001
17	Vidraria (laboratório)	g	$6,39 \times 10^5$	$2,16 \times 10^9$	$1,38 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakarn, 2003
18	Livro (estoque - biblioteca)*	J	$5,75 \times 10^6$	$3,45 \times 10^9$	$1,98 \times 10^{16}$	< 1%	Odum, 1996
Uso (prédio)							
19	Irradiação solar	J	$8,05 \times 10^{11}$	1	$8,05 \times 10^{11}$	< 1%	Por definição
20	Água (SABESP)	m ³	$7,65 \times 10^2$	$7,75 \times 10^{11}$	$5,93 \times 10^{14}$	< 1%	Buenfil, 2001
21	Água (Poço)	m ³	$2,79 \times 10^3$	$7,75 \times 10^{11}$	$2,16 \times 10^{15}$	< 1%	Buenfil, 2001
22	Energia Elétrica*	J	$1,97 \times 10^{10}$	$2,69 \times 10^5$	$5,28 \times 10^{15}$	< 1%	Odum Pág 305
23	Papel (sulfite)	g	$1,90 \times 10^6$	$2,38 \times 10^9$	$4,51 \times 10^{15}$	< 1%	Meillaud et al., 2005
24	Papel (toalha e higiênico))	g	$6,22 \times 10^5$	$2,38 \times 10^9$	$1,48 \times 10^{15}$	< 1%	Meillaud et al., 2005
25	Plástico (copos)	g	$3,19 \times 10^5$	$5,76 \times 10^9$	$1,83 \times 10^{15}$	< 1%	Buranakarn, 1998
26	Produto químico (laboratório)*	g	$5,00 \times 10^4$	$6,38 \times 10^8$	$3,19 \times 10^{13}$	< 1%	Odum, 1996
27	Livro (entra todo ano)*	J	$7,65 \times 10^6$	$3,45 \times 10^9$	$2,64 \times 10^{16}$	< 1%	Odum, 1996
					$1,22 \times 10^{18}$		
Informação							
28	Informação Professor --> Aluno - (1%)	J	$9,40 \times 10^7$	$1,76 \times 10^{10}$	$1,65 \times 10^{18}$	26%	Calculada
29	Aulas práticas	J	$6,28 \times 10^7$	$3,52 \times 10^{10}$	$2,21 \times 10^{18}$	34%	Calculada (x2)
30	Informação Livro --> Aluno* (1%)	J	$1,23 \times 10^6$	$3,45 \times 10^9$	$4,23 \times 10^{15}$	< 1%	Odum, 1996
31	Informação do Aluno (EM) - (10%)	J	$1,71 \times 10^9$	$8,20 \times 10^8$	$1,40 \times 10^{18}$	22%	Calculada
					$5,26 \times 10^{18}$		
Energia Total					$6,48 \times 10^{18}$	100%	
Saída							
Farmacêutico		J	$1,17 \times 10^9$	$5,54 \times 10^9$	$6,48 \times 10^{18}$		

* As energias por unidade anteriores a 2000 foram multiplicadas por 1,68 para converter na base nova (até 2000 – base: $9,44 \times 10^{24}$ sej/ano e após 2000 – base $15,83 \times 10^{24}$ sej/ano) – (ODUM et al., 2000).

28, 29, 30 e 31: Anexo G

29: Informação do professor nas aulas práticas: energia por unidade (transformidade) foi considerada o dobro da transformidade da informação dos professores nas aulas teóricas devido ao maior aproveitamento do aluno (NORBIS, 1971).

Tabela 14. Comparação do curso de Engenharia com os cursos de Farmácia e Administração, considerando-se o valor das aulas de laboratório e 80 alunos por turma no curso de Farmácia.

Indicadores	Engenharia	Farmácia	Administração
Energia do curso por aluno ($\times 10^{16}$ sej / aluno curso)	2,20	1,62	1,27
Energia da informação recebida por aluno ($\times 10^{15}$ sej / aluno curso)	8,63	9,65	4,16
Transformidade ($\times 10^9$ sej/J)	7,13	5,54	1,53

A energia da informação recebida pelo aluno durante o curso de Engenharia é $8,63 \times 10^{15}$ sej / aluno.curso. Observa-se que a transformidade do aluno de ensino médio que cursa engenharia aumenta 8,7 vezes. No curso de Farmácia, a energia da informação recebida pelo aluno durante o curso é $1,62 \times 10^{16}$ sej / aluno.curso e a transformidade do aluno de ensino médio aumenta 6,7 vezes. O curso de administração não oferece aulas de laboratório e a energia da informação recebida pelo aluno durante o curso é $4,16 \times 10^{15}$ sej / aluno.curso. A transformidade do administrador formado é 1,9 vez maior que a do aluno de ensino médio ingressante.

A transformidade do engenheiro é 55% maior que a transformidade do farmacêutico devido às desistências que ocorrem no curso de Engenharia. Segundo a avaliação da universidade, por ser um curso mais difícil e muitos alunos não terem o conhecimento prévio necessário para o curso, 77% dos alunos ingressantes em Engenharia desistem ou mudam de curso. O curso de Farmácia tem menor quantidade de desistentes (32%).

Se não houvesse desistências nos cursos de Engenharia e Farmácia e a quantidade de alunos por sala na Farmácia fosse igual à do curso de Engenharia (média de 80), as transformidades seriam mais próximas nos dois cursos, como mostra a tabela 15. Entretanto, o curso de farmácia ainda contaria com laboratórios ociosos, o que faz com que a transformidade dos concluintes do curso de Farmácia, neste caso, seja maior que a dos formandos do curso de Engenharia. A transformidade do administrador aumenta menos que a transformidade dos outros profissionais (farmacêutico e engenheiro) e os indicadores do curso de Administração também são menores, isso se deve ao fato de que a infraestrutura necessária para a universidade

oferecer o curso é bem menor. Além disso, a quantidade de desistentes é menor (10%).

Tabela 15. Comparação do curso de Engenharia com os cursos de Farmácia e Administração, considerando-se o valor das aulas de laboratório, 80 alunos por turma nos cursos de Farmácia e Administração. Admite-se todos os cursos sem desistências (Anexos C.5, G.5 e K.5).

Indicadores	Engenharia	Farmácia	Administração
Transformidade ($\times 10^9$ sej/J)	1,73	3,79	1,42

A transformidade do Engenheiro caso não houvesse desistentes seria 2,0 vezes maior que do aluno de Ensino Médio que entra na universidade e a do farmacêutico seria aproximadamente 4,5 vezes maior que a do aluno ingressante.

7.2. Avaliação dos resultados

Odum (1996) avaliando o ciclo de manutenção das informações, mostra que um sistema necessita fazer cópias para manter as informações. Os professores, portadores da informação são extraídos de um sistema maior (neste caso a sociedade mantida pela energia do país) e, quando esta informação é extraída e copiada, cópias (engenheiros que agora carregam a informação) são dispersadas e retroalimentam o sistema de operação (sociedade). Um ciclo fechado de processamento de informações é necessário para manter as unidades de informação. Todo o ciclo é requerido para manter uma unidade (informação do engenheiro). A figura 15 mostra um ciclo de manutenção da informação adaptado para o ciclo de formação de engenheiros.

O trabalho Ulgiati e Brown, 2009 distingue dois conceitos de informação, o primeiro está relacionado com a geração de novas informações (como a biodiversidade global), em que são necessários milhões de anos e enorme quantidade de energia. O segundo conceito refere-se a energia necessária para manter a informação, (como a manutenção do ciclo de informação para a formação de profissionais que retroalimentam a sociedade (figura 15).

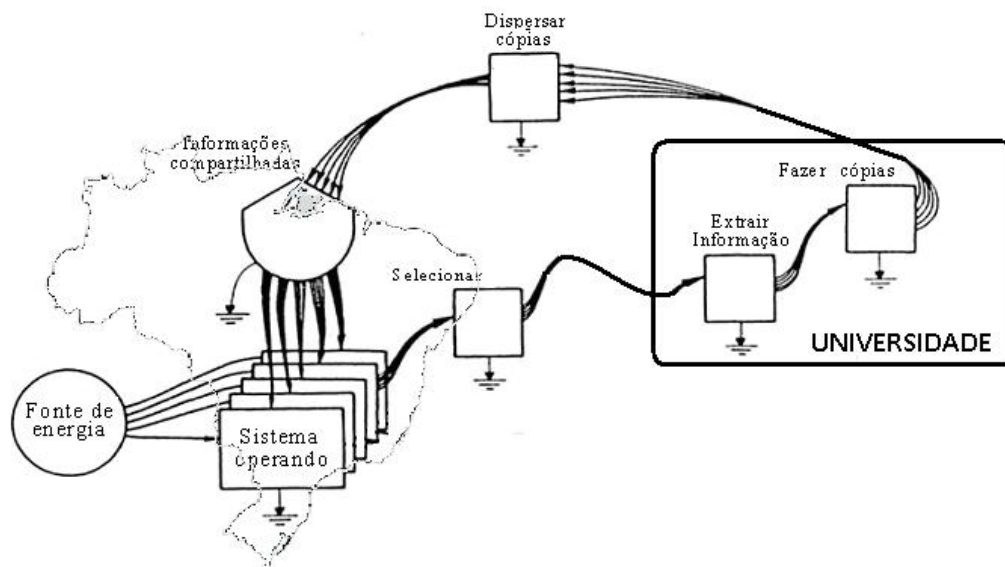


Figura 15. Diagrama com as principais características de um ciclo de manutenção da informação incluindo depreciação, extração, cópia, operação, teste e seleção. Neste caso, a informação contida no professor é selecionada na sociedade e, na universidade, a informação é extraída e copiada. Dentro da universidade também ocorre o teste das cópias e sua seleção. Os profissionais formados dispersam-se e retornam ao sistema maior para compartilhar a informação. Adaptado de Odum, 1996. (As informações do diagrama foram traduzidas para o português.)

Os trabalhos encontrados na literatura que tratam da avaliação da informação nos sistemas educacionais seguem esta formulação, isto é, calculam a contribuição do sistema maior dividindo a energia total de um país pelo número de profissionais em cada nível acadêmico (ODUM, 1996 e ODUM, 1999b) ou calculam os recursos necessários (retirados do sistema maior) para a formação do profissional em cada nível hierárquico (CAMPELL e LU, 2009). Entretanto, os critérios para avaliação da informação recebida ou extraída do professor, também, variam. Odum (1999b) considera que um indivíduo emprega 1% de sua energia total no aprendizado, já Campbell e Lu (2009) consideram razoável uma percentagem de 10% para o mesmo fim. Por outro lado, Odum (1999b) considerou que a percentagem de 1% da energia empregada refere-se à energia metabólica correspondente a 365 dias por ano com o uso de 2500 kcal por dia. Outros autores contabilizam apenas o tempo de contato entre aluno e professor (CAMPELL e LU, 2009; QIN et al, 2000; MEILLAUD et al. 2003 e 2005).

Neste trabalho, para contabilizar a contribuição da sociedade utilizou-se, assim como Qin et al (2000) e Meillaud et al. (2003, 2005), o cálculo utilizado por Odum (1996, 1999a, 1999b). Já para o cálculo da informação recebida durante o curso universitário, considerou-se o tempo de permanência do aluno na universidade (QIN et al, 2000, MEILLAUD et al., 2003 e 2005, CAMPBELL e LU, 2009). A energia do engenheiro foi quantificada como a soma da energia fornecida durante o tempo gasto na transmissão da informação e da energia trazida pelos alunos para o processo de ensino e aprendizagem.

A utilização de dados médios do Brasil na entrada de um sistema específico é razoável, neste caso, pois a UNIP é a maior universidade do país e, pode-se dizer que os dados referentes a ela podem representar as condições nacionais do ensino universitário (figura 15). O cálculo da transformidade dos alunos graduados na universidade é consistente com o cálculo efetuado utilizando dados do Censo da Educação Superior (INEP, 2007). Segundo o Censo, formaram-se 756.799 profissionais no Brasil em 2007, o que resulta em um valor de transformidade de $7,11 \times 10^9$ sej/J, da mesma ordem de grandeza dos valores calculados neste trabalho (Tabelas 6, 9 e 10).

Campbell e Lu (2009) ajustaram seus resultados para compará-los com os de Odum (1996) mantendo a informação transmitida em 10% da energia metabólica de um indivíduo, e admitindo 365 dias por ano e 2500 kcal por dia. A tabela 16 mostra a comparação ao lado dos valores obtidos para o Brasil com dados resultantes do Censo da Educação Superior (2007) e a transformidade calculada neste trabalho (admitindo-se 1% da energia metabólica de um indivíduo por 365 dias por ano e 2500 kcal por dia). Os trabalhos de Qin et al (2000) e Meillaud et al. (2003, 2005) não foram incluídos por tratarem de sistemas educacionais distintos. O primeiro trata da informação transmitida durante visitas a uma área de conservação e o segundo trata de um curso de pós graduação.

Tabela 16. Comparação dos resultados encontrados na literatura para energia por indivíduo e transformidade de acordo com o nível acadêmico.

	ODUM, 1996		CAMPBELL e LU, 2009		BRASIL (calculado de acordo com ODUM, 1996)		Este estudo
	Energia/ind. (x 10 ¹⁶ sej/ind ano)	Transf. (x 10 ⁶ sej/J)	Energia/ind. ^a (x 10 ¹⁶ sej/ind ano)	Transf. ^a (x 10 ⁶ sej/J)	Energia/ind. ^a (x 10 ¹⁶ sej/ind ano)	Transf. ^a (x 10 ⁶ sej/J)	Transf. ^a (x 10 ⁶ sej/J)
Pré-escola	7,20	18,9	11,5	41,9	-		
Ensino fundamental e médio	19,9	52,1	52,4	190,0	42,4 ^b	111	
Ensino universitário	59,4	155,5	128,0	335,0	366,0^c	958	683^d

^a valores de energia por indivíduo ajustados para 365 dias e 2500 kcal/dia

^b Energia do Brasil/ 6.535.898 concluintes do ensino médio em 2007

^c Energia do Brasil/ 756.799 concluintes do ensino universitário em 2007 (INEP, 2007)

^d média das transformidades dos cursos de Engenharia, Farmácia e Administração, com valores de energia por indivíduo ajustados para 365 dias e 2500 kcal/dia.

Observa-se na tabela 16 que os valores de transformidade dos concluintes do ensino universitário apresentam a mesma ordem de grandeza em todos os estudos. Os valores apresentados por Campbell e Lu (2009) são cerca de duas vezes maiores que os apresentados por Odum (1996). Os valores obtidos neste estudo são quatro vezes maiores que os obtidos por Odum (1996). A energia por indivíduo e a transformidade do concluinte no Brasil são cerca de três vezes maiores que os valores obtidos para os Estados Unidos, pois o número de formandos neste nível acadêmico é menor no Brasil. O valor da transformidade dos formandos neste estudo (683 x 10⁶ sej/J) é, também cerca de 30% menor que o encontrado para a média nacional (958 x 10⁶ sej/J). Esta diferença se deve ao fato de que a quantidade de formandos em relação ao número de alunos que ingressam no ensino superior é maior no curso de Engenharia, o maior desta universidade. No curso de Engenharia, a elevada porcentagem de 77% de desistências observada é aproximadamente sete vezes menor que a taxa de evasão no país. Segundo o Censo de Educação Superior (INEP, 2007), dos alunos que se matricularam em nos cursos de Engenharia no Brasil, apenas 3% concluíram os cursos em 2007.

8. CONCLUSÕES

Neste estudo efetuou-se a contabilidade ambiental em emergia para avaliar o suporte ambiental necessário para formar um engenheiro, identificando os recursos mais significativos em termos de uso de emergia. Avaliou-se a emergia necessária para manter a informação (a manutenção da infraestrutura, da biblioteca e do corpo docente, do qual se extrai a informação a ser transmitida aos discentes). Foi constatado que, no que se refere à implantação e uso da infraestrutura, o concreto é o material que mais contribui para o valor total da emergia (52%). Para a manutenção dos discentes no curso de Engenharia, são investidos anualmente $1,65 \times 10^{18}$ sej / ano, sendo que 89% corresponde à emergia da implantação e 11% à emergia utilizada na operação do edifício.

A emergia da informação transmitida pelo professor e da informação prévia do aluno foram calculadas, sendo que a informação que o discente traz do Ensino Médio é a que mais contribui para a emergia total da formação do engenheiro (47%). A informação transmitida pelos professores contribui com 39% (aulas práticas e teóricas) da emergia total e a infraestrutura contribui com apenas 14% sej/sej. A emergia da informação recebida nas aulas práticas pelo aluno é de $1,42 \times 10^{19}$ sej (e representa 59% da informação que o aluno recebe no curso de Engenharia da UNIP). O valor da emergia dos ingressantes aumenta 1,86 vez por ano e a transformidade do engenheiro formado pela UNIP é 8,7 vezes maior que a do aluno que termina o Ensino Médio.

Os resultados do curso de Engenharia foram comparados com os obtidos pela contabilidade ambiental de outros cursos da instituição, um curso de Ciências da Saúde (Farmácia e Bioquímica) e um curso de Ciências Sociais (Administração), com a finalidade de verificar as diferenças de suporte ambiental entre os cursos oferecidos pela universidade.

No curso de Farmácia, a informação transmitida pelos professores em aulas práticas e teóricas contribui com 51% da a emergia total da formação do farmacêutico. A informação prévia dos alunos corresponde a 26% da emergia total e a infraestrutura contribui com 22% sej/sej. Já no curso de Administração, a informação prévia do aluno é a que mais contribui para a emergia total da formação do administrador (58% sej/sej).

A segunda maior contribuição é a da informação transmitida pelos professores (33% sej/sej) e a infra-estrutura contribui com apenas 9% sej/sej.

Observou-se que as diferenças entre os cursos de Engenharia e Farmácia se devem à características associadas à natureza dos discentes e não às condições oferecidas pela universidade. A contribuição da formação prévia do aluno ingressante para a emergência total dos concluintes do curso de Engenharia é de 47%, enquanto que esta contribuição para a formação dos farmacêuticos é de 26%. Esta diferença deve-se à procura dos alunos por cada curso já que os recursos oferecidos pela universidade para o curso de Farmácia poderiam ser utilizados por um número maior de alunos. Os formandos do curso de Engenharia apresentam transformidade aproximadamente 55% maior que a dos concluintes do curso de Farmácia, mas este valor deve-se ao grande número de desistências durante o processo de formação do engenheiro. Este resultado pode indicar que, durante o curso, o processo de teste e seleção é mais rigoroso no curso de Engenharia.

Quando se compara o curso de Engenharia com o de Administração, observa-se que o investimento da universidade para formar um administrador é menor do que o necessário para formar um engenheiro e o número de desistências no curso de Administração é menor. Desta forma, o aumento da transformidade do concluinte deste curso é, também, menor.

Os resultados obtidos para os cursos da Universidade Paulista foram comparados com resultados encontrados na literatura (ODUM, 1996; CAMPBELL e LU, 2009) e com dados do Censo da Educação Superior (INEP, 2007). Observou-se que os valores apresentados por Odum (1996) e Campbell e Lu (2009) são da mesma ordem de grandeza dos obtidos neste estudo. Entretanto, quando são utilizados dados do Censo da Educação Superior (INEP, 2007) os valores da emergência por concluinte (e a transformidade) são aproximadamente 30% maiores que os obtidos neste estudo.

9. PROPOSTAS FUTURAS

Realizar a contabilidade ambiental em energia do curso de Pós graduação (mestrado e doutorado) em Engenharia de Produção e compará-lo com os resultados do curso de graduação em Engenharia deste estudo.

Estender o estudo para todos os cursos da universidade.

Acrescentar a este estudo o cálculo da informação recebida pelos alunos, proveniente da Internet.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BROWN, M. T. Areal Empower Density, Unit Emery Values, and Emformation. In: Emery Synthesis 4: Theory and Applications of the Emery Methodology. 4th Biennial International Emery Conference. nº 1, 2006, Gainesville, Flórida.

BROWN, M. T.; BURANAKARN, V. Emery indices and ratios for sustainable material cycles and recycle options. Resources Conservation and Recycling. 38, 01-22, 2003.

BURANAKARN, V. Evaluation of recycle and reuse of building materials using the emery analysis method. 281 p. Thesis – University of Florida, USA, 1998.

BUENFIL, A.A. Emery Evaluation of water. 248 p. Thesis – University of Florida, USA, 2001.

CAMPBELL. D. E.; LU. H. F. The Emery Basis for Formal Education in the United States. Emery Synthesis 5: Theory and Applications of the Emery Methodology. 5th Biennial International Emery Conference. nº 40, 2009, Gainesville, Flórida.

COELHO, O; ORTEGA, E.; COMAR, V. Balanço de energia do Brasil, 2002. Disponível em: <http://www.fea.unicamp.br/docentes/ortega/livro/C05-Brasil-COC.pdf>. Acessado em Agosto/2007.

COHEN, M. J.; BROWN. M. T.; SHEPHERD, K. D. Estimating the environmental costs of soil erosion at multiple scales in Kenya using emery synthesis. Agriculture Ecosystems & Environments, 114, 249-269, 2006.

Density: The Physics Hypertextbook. Disponível em: <http://www.hypertextbook.com/physics/matter/density/>. Acessado em Abril/2008.

FELDER, R. M; SILVERMAN, L.K;. Learning and teaching styles in engineering education. Journal of Engineering Education. 78, nº7, 674-681, 1988.

FINELLI, C. J.; KLINGER, A.; BUDNY, D. D. Strategies for improving the classroom environment. Journal of Engineering Education. 90, nº4, 491-497, 2001.

GEBER, U.; BJÖRKLUND. J. The relationship between ecosystem services and purchased input in Swedish wastewater treatment systems – a case study. Ecological Engineering, 18, 39-59, 2001.

HOLBERT, K. E.; KARADY, G. G. Removing an Unsupported Statement in Engineering Education Literature. American Society for Engineering Education Pacific Southwest Annual Conference Copyright. 2008.

INEP 2007. Censo da Educação Superior, Sinopse 2007. Disponível em: <http://www.inep.gov.br/superior/censosuperior/sinopse/default.asp>. Acessado em Fevereiro/2010.

JORGENSEN, S. E.; ODUM, H. T.; BROWN, M. T. Emergy and exergy stored in genetic information. *Ecological Modelling*, 78, 11-16, 2004.

JOSHI, Y.; BARKER, D. B.; OJALVO, M.S. A new graduate educational program in electronic packaging and reliability (EPAR). *Journal of Engineering Education*. 86, nº2, 183-187, 1997.

LÓIACONO, S. M. Z.; LÓIACONO, J. S. Agenda tributária e tabelas práticas (Taxas de depreciação de bens do ativo imobiliário). Editora Informare. São Paulo, Brasil, 2005.

MEILLAUD, F. Evaluation of the solar experimental LESO building using the emergy method. 47 p. Master thesis – Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne, Swiss, 2003.

MEILLAUD, F.; GAY, J. B.; BROWN, M. T. Evaluation of a building using the emergy method. *Solar Energy*, 79, 204-212, 2005.

NORBIS, G. Didática y estructura de los médios audiovisuales. Buenos Aires: Editora Kapelusz, S. A., 1973.

ODUM, H. T. *Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making*. New York: John Willey & Sons, INC, 1996.

ODUM, H. T. Environmental Policy for the University of Flórida. Talk presented at the October 1999. Greening UF Conference of the Center for Construction and Environmental of the Rinker School of Building Construction of the University of Flórida, 1-24, 1999a.

ODUM, H. T. Limits of Information and Biodiversity in: *Sozialpolitik und ökologieprobleme der zukunft*, Austrian Academy of Sciences, Viena, Austria. 229-269, 1999b.

ODUM, H. T., BROWN, M.T., Brandt-Williams, S. *Handbook of Emergy Evaluation – A Compendium of Data for Emergy Computation Issued in a Series of Folios. Fólíó # 1: Introduction and Global Budget*. Center for Environmental Policy - Environmental Engineering Sciences. - University of Florida, Gainesville, 2000.

ORTEGA, E. What is Info? The Role of Information in Agricultural Systems. In: *Emergy Synthesis 4: Theory and Applications of the Emergy Methodology*. 4th Biennial International Emergy Conference. nº 20, 2006, Gainesville, Flórida.

PULSELLI, R. M.; SIMONCINI, E.; PULSELLI, F. M.; BASTIANONI, S. Emergy analysis of building manufacturing, maintenance and use: Em-building indices to evaluate housing sustainability. *Energy and Buildings*, Italy. 39, 620-628, 2007.

QIN, P.; WONG, Y. S.; TAM, N. F. Y. Emergy evaluation of Mai Po mangrove marshes. *Ecological Engineering*, 16, 271-280, 2000.

REZENDE, M.A.; COSTA, V.E.; ARONI, A.S.; SEVERO, E.T.D. Estudo das variações de densidade da madeira do *Liquidambar styraciflua* e do *Pinus tecunumannii*, como parâmetro de qualidade para a produção de móveis. Revista eletrônica: HOLOS Environment, v.7, n.1, 2007 – P 69. Disponível em <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>. Acessado em Abril/2008.

SHOOTER, S.; MCNEILL, M. Interdisciplinary collaborative learning in mechatronics at Bucknell University. Journal of Engineering Education. 91, nº3, 339-344, 2002.

Simetric.co.uk, density of materials. Disponível em simetric.co.uk/si_materials.htm. Acessado em Abril/2008.

Sinopse Estatística da Educação Básica, INEP, parte 3, pág 197, 2007, Disponível em: <http://www.inep.gov.br/basica/censo/Escolar/sinopse/sinopse.asp>. Acessado em Setembro/2008.

Sinaes/INEP, 2007. Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (Sinaes), INEP, Ministério da Educação, Disponível em: <http://sinaes.inep.gov.br/sinaes/>. Acessado em Setembro/2008.

STARRETT, S. K.; MORCOS, M. M. Hands-on, minds-on electric power education. Journal of Engineering Education. 90, nº1, 93-99, 2001.

SUNDATA, 2008, Disponível em: www.cresesb.cepel.br. Acessado em Junho/2008.

SZARGUT, J.; MORRIS, D. R.; STEWARD, F. R. Exergy analysis of thermal, chemical and metallurgical processes. Hemisphere Public Corporation.1988.

TREICHLER, D. G. Are you missing the boat in training aids?. Film and Audio-Visual Communications. 1, 1967.

THOMSON – 10B – Taxas de depreciação de bens do ativo imobilizado, Anuário, 2004.

ULGIATI, S.; BROWN, M. T. Emery and ecosystem complexity. Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 14, 310-321, 2009.

ULGIATI, S.; BARGIGLI, S.; RAUGEI, M. An emery evaluation of complexity, information and technology, towards maximum power and zero emissions. Journal of Cleaner Production, 15, 1359-1372, 2007.

Anexo A - Engenharia

Memorial de cálculo dos insumos referentes a implantação do edifício usado pelo curso de Engenharia da UNIP

Anexo A.1 – Concreto, aço e cerâmica utilizados na construção do prédio

Concreto

Pilares

$$36 \times 0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 16 \text{ m} = 144 \text{ m}^3$$

Vigas

$$9 \times 70 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 5 \text{ andares} = 787,5 \text{ m}^3$$

$$8 \times 73 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 5 \text{ andares} = 730 \text{ m}^3$$

$$\text{Total (vigas e pilares)} = 1.661,5 \text{ m}^3$$

Contrapiso

$$70 \text{ m} \times 73 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 5 \text{ andares} = 3832,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Total: } 1.661,5 \text{ m}^3 + 3832,5 \text{ m}^3 = 5494 \text{ m}^3$$

$$\text{Densidade do concreto armado} = 2.500 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Massa total (contrapiso, pilares e vigas): } 2.500 \text{ kg/m}^3 \times 5494 \text{ m}^3 = 1,37 \times 10^7 \text{ kg} = 1,37 \times 10^{10} \text{ g}$$

Considerando 97% de concreto e 3% de aço

$$\text{Massa do concreto: } 1,37 \times 10^{10} \text{ g} \times 0,97 = 1,33 \times 10^{10} \text{ g} / 25 \text{ anos (depreciação)} = \mathbf{5,32 \times 10^8 \text{ g/ano}}$$

Paredes

$$73 \text{ m} \times 16 \text{ m (altura)} \times 6 = 7.008 \text{ m}^2$$

$$70 \text{ m} \times 16 \text{ m (altura)} \times 2 = 2.240 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total} = 9.248 \text{ m}^2 / 0,08 \text{ m}^2 = 115.600 \text{ blocos}$$

$$\text{Total: } 115.600 \text{ blocos} \times 9746 \text{ g (cada bloco)} = 1,13 \times 10^9 \text{ g} / 25 \text{ anos (depreciação)} = 4,5 \times 10^7 \text{ g/ano} \times 0,7 \text{ (descontando as janelas)} = \mathbf{3,15 \times 10^7 \text{ g/ano}}$$

$$\text{Total: } 5,32 \times 10^8 \text{ g} + 3,15 \times 10^7 \text{ g} = \mathbf{5,64 \times 10^8 \text{ g}}$$

$$\text{Total de concreto} = \mathbf{5,64 \times 10^8 \text{ g/ano}}$$

Aço

- Contrapiso, pilares e vigas

$$\text{Massa total: } 1,05 \times 10^{10} \text{ g}$$

Considerando 97% de concreto e 3% de aço

$$\text{Massa do aço: } 1,37 \times 10^{10} \text{ g} \times 0,03 = 4,11 \times 10^8 \text{ g} / 25 \text{ anos (depreciação)} = \mathbf{1,64 \times 10^7 \text{ g}}$$

- Materiais de laboratório / Máquinas

$$\text{Massa total: } 1,0 \times 10^6 \text{ g} / 10 \text{ anos (depreciação)} = \mathbf{1,0 \times 10^5 \text{ g}}$$

$$\text{Total: } 1,64 \times 10^7 \text{ g} + 1,0 \times 10^5 \text{ g} = \mathbf{1,65 \times 10^7 \text{ g}}$$

$$\text{Total de aço} = \mathbf{1,65 \times 10^7 \text{ g}}$$

Cerâmica

Banheiros

Vasos sanitários = 120 unidades

Massa de cada = 30kg

$$\text{Total: } 3.600 \text{ kg} = \mathbf{3.600.000 \text{ g}}$$

Piso

5 andares

Espessura = 0,01 m

$$70 \text{ m} \times 73 \text{ m} \times 0,01 \text{ m} = 51,1 \text{ m}^3 \text{ (cada andar)} \times 5 \text{ andares} = 255,5 \text{ m}^3$$

Densidade: 3.260 kg/m³

$$\text{Massa} = 255,5 \text{ m}^3 \times 3.260 \text{ kg/m}^3 = 832.930 \text{ kg} = \mathbf{832.930.000 \text{ g}}$$

$$\text{Total: } 3.600.000 \text{ g} + 832.930.000 \text{ g} = 836.530.000 \text{ g} = 8,36 \times 10^8 \text{ g} / 25 \text{ anos (depreciação)} = \mathbf{3,35 \times 10^7 \text{ g}}$$

Total de cerâmica = $3,35 \times 10^7$ g

Anexo A.2 – Salas de aula (usadas pelo Curso de Engenharia)

Madeira

- Carteiras:

Massa = 1,4 kg = 1400 g de madeira por cadeira (balança)

Quantidade = 2762 carteiras (dado de campo)

Total = 2.762×1.400 g = **3.866.800 g**

- Apagador:

Massa = 163 g (balança)

Quantidade = 41 apagadores (dado de campo)

Total: 41×163 g = **6.683 g**

- Lousas:

Medidas: $6,04$ m x $1,15$ m x $0,02$ m = $0,13892$ m³ (dado de campo)

Volume (cada lousa): $0,13892$ m³

Densidade (madeira): 527 kg/m³ (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527$ kg/m³ x $0,13892$ m³ = $73,21$ kg de madeira cada lousa

Quantidade de lousas: 41

Total = $41 \times 73,21$ kg = $3001,644$ kg = **3.001.644 g**

- Portas:

Medidas: Porta (toda): 87 cm x 207 cm x $3,5$ cm = $63.031,5$ cm³ (dado de campo)

Parte de vidro: 14 cm x 77 cm x $3,5$ cm = 3773 cm³

Volume (cada porta): $63.031,5$ cm³ - 3773 cm³ = $59.258,5$ cm³ = $0,0592585$ m³

Densidade (madeira): 527 kg/m³ (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527$ kg/m³ x $0,0592585$ m³ = $31,23$ kg de madeira cada porta

Quantidade de portas: 49

Total = $49 \times 31,23$ kg = $1530,232$ kg = **1.530.232 g**

- Mesas professor:

Massa = $5,44$ kg = 5.440 g de madeira (balança)

Quantidade = 41 (dado de campo)

Total = 41×5.440 g = **223.040 g**

- Carteiras de desenho (com cadeira):

Massa = $2,723$ kg de madeira na mesa e $1,9$ kg de madeira na cadeira (balança) = $4,623$ kg = 4623 g

Quantidade = 524 (dado de campo)

Total = 524×4.623 g = **2.422.452 g**

- Tablados:

Medidas: Parte superior: 631 cm x 112 cm x 2 cm = 141.344 cm³ (dado de campo)

Frente 631 cm x $30,5$ cm x 2 cm = 38.491 cm³ (dado de campo)

Laterais (2): 112 cm x $30,5$ cm x 2 cm = 6832 cm³ cada x 2 = 13.664 cm³ (dado de campo)

Volume = 141.344 cm³ + 38.491 cm³ + 13.664 cm³ = 193.499 cm³ = $0,1935$ m³ (cada tablado)

Densidade (madeira): 527 kg/m³ (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527$ kg/m³ x $0,1935$ m³ = $101,97$ kg de madeira cada tablado

Quantidade de tablados: 41

Total = $41 \times 101,97$ kg = $4180,77$ kg = **4.180.770 g**

Total madeira = **15.231.621 g**

Ferro

- Carteiras:

Massa = $6,1$ kg = 6.100 g de ferro por carteira (balança)

Quantidade = 2762 carteiras (dado de campo)

Total = $2.762 \times 6.100 \text{ g} = \mathbf{16.848.200 \text{ g}}$

• Lousas:

Medidas: $622 \text{ cm} \times 9 \text{ cm} \times 0,2 \text{ cm} = 1.119,6 \text{ cm}^3 \times 2 = 2.239,2 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

$133 \text{ cm} \times 9 \text{ cm} \times 0,2 \text{ cm} = 239,4 \text{ cm}^3 \times 2 = 478,8 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Volume (cada lousa) = 2.718 cm^3

Densidade (Fe) = $7.870 \text{ kg/m}^3 = 7,870 \text{ g/cm}^3$ (<http://www.hypertextbook.com/physics/matter/density/>)

Massa = $d \times V = 7,870 \text{ g/cm}^3 \times 2.718 \text{ cm}^3 = 21.390,66 \text{ g}$ (cada lousa)

Quantidade de lousas: 41

Total: $41 \times 21.390,66 \text{ g} = \mathbf{877.017 \text{ g}}$

• Mesas professor:

Massa = $10,08 \text{ kg} = 10.080 \text{ g}$ de ferro (balança)

Quantidade = 41 (dado de campo)

Total = $41 \times 10.080 \text{ g} = \mathbf{413.280 \text{ g}}$

• Carteiras desenho (com cadeira): $3808,96 \text{ kg}$

Massa = $5,08 \text{ kg}$ de ferro na mesa e $2,229 \text{ kg}$ de ferro na cadeira (balança) = $7,309 \text{ kg} = 7.309 \text{ g}$

Quantidade = 524 (dado de campo)

Total = $524 \times 7.309 \text{ g} = \mathbf{3.829.916 \text{ g}}$

• Luminárias:

Massa = 4.950 g cada luminária (balança)

Quantidade = 464 luminárias (dado de campo)

Total = $464 \times 4.950 \text{ g} = \mathbf{2.296.800 \text{ g}}$

Total ferro = $\mathbf{24.265.213 \text{ g}}$

Plástico

• Carteiras:

Massa (ferro + plástico) = $8 \text{ kg} = 8000 \text{ g}$ (balança)

Massa (ferro) = $6.1 \text{ kg} = 6.100 \text{ g}$ (balança)

Massa (plástico) = $8000 - 6.100 = 1.900 \text{ g}$ de plástico por cadeira

Quantidade = 2762 carteiras (dado de campo)

Total = $2762 \times 1,9 \text{ kg} = 5.247,8 \text{ kg} = \mathbf{5.247.800 \text{ g}}$

• Cestos de lixo:

Massa cada = $688,76 \text{ g}$

Quantidade = 41

Total = $41 \times 688,76 \text{ g} = \mathbf{28.239 \text{ g}}$

Total plástico = $\mathbf{5.276.039 \text{ g}}$

Vidro

• Vidros das janelas:

Salas 416, 417, 418, e 419

Medidas: Vidros grandes: $50 \text{ cm} \times 83 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} = 2.075 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Vidros pequenos: $50 \text{ cm} \times 43 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} = 1.075 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Densidade (vidro) = $2,579 \text{ g/cm}^3$ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa (vidro grande) = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 2.075 \text{ cm}^3 = 5.351,42 \text{ g}$ (cada vidro grande)

Massa (vidro pequeno) = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 1.075 \text{ cm}^3 = 2.772,42 \text{ g}$ (cada vidro pequeno)

Quantidade de vidros: 28 grandes e 28 pequenos

Total: $28 \times 5.351,42 \text{ g} + 28 \times 2.772,42 \text{ g} = \mathbf{227.467,5 \text{ g}}$

Salas 415, 316 e 215

Medidas: $38,5 \text{ cm} \times 43 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} = 827,75 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Densidade (vidro) = $2,579 \text{ g/cm}^3$ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 827,75 \text{ cm}^3 = 2.134,77 \text{ g}$ (cada vidro)

Quantidade de vidros: 44

Total: $44 \times 2.134,77 \text{ g} = \mathbf{93.929,9 \text{ g}}$

Sala 213

Medidas: $67 \text{ cm} \times 54 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} = 1809 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Densidade (vidro) = $2,579 \text{ g/cm}^3$ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 1809 \text{ cm}^3 = 4.665,4 \text{ g}$ (cada vidro)

Quantidade de vidros: 18

Total: $18 \times 4.665,4 \text{ g} = \mathbf{83.977,2 \text{ g}}$

Outras salas

Medidas: Vidros grandes: $87 \text{ cm} \times 79 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} = 3.436,5 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Vidros pequenos: $44 \text{ cm} \times 79 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} = 1.738 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Densidade (vidro) = $2,579 \text{ g/cm}^3$ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa (vidro grande) = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 3.436,5 \text{ cm}^3 = 8.862,73 \text{ g}$ (cada vidro grande)

Massa (vidro pequeno) = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 1.738 \text{ cm}^3 = 4.482,3 \text{ g}$ (cada vidro pequeno)

Quantidade de vidros: 356 grandes e 356 pequenos

Total: $356 \times 8.862,73 \text{ g} + 356 \times 4.482,3 \text{ g} = \mathbf{4.750.830,7 \text{ g}}$

Total de vidro das janelas: **5.156.205 g**

• Vidros das portas:

Medidas: $14 \text{ cm} \times 77 \text{ cm} \times 0,3 \text{ cm} = 323,4 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Densidade = $2,579 \text{ g/cm}^3$ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 323,4 \text{ cm}^3 = 834,05 \text{ g}$ (cada porta)

Quantidade: 49 portas

Total de vidro das portas: $49 \times 834,05 \text{ g} = \mathbf{40.868 \text{ g}}$

Total de vidro (portas e janelas) = **5.197.073 g**

• Lâmpadas das luminárias:

Massa = 100g cada lâmpada (balança)

Quantidade = 928 lâmpadas (dado de campo)

Total = $928 \times 100 \text{ g} = 92.800 \text{ g}$

Total de vidro (lâmpadas) = **92.800 g**

Ventiladores = 106 unidades

Anexo A.3 – Laboratório de Química (usado pelo Curso de Engenharia)

Madeira

• Banquetas

Massa = $5,377 \text{ kg} = 5.377 \text{ g}$ (balança)

Quantidade = 30 (dado de campo)

Total = $30 \times 5.377 \text{ g} = \mathbf{161.310 \text{ g}}$

• Lousa branca:

Medidas: $3,025 \text{ m} \times 1,11 \text{ m} \times 0,025 \text{ m} = 0,08394 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Volume = $0,08394 \text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,08394 \text{ m}^3 = 44,236 \text{ kg} = 44.236 \text{ g}$

Quantidade: 1

Total = $1 \times 44.236 \text{ g} = \mathbf{44.236 \text{ g}}$

• Porta:

Medidas: Porta (toda): $87 \text{ cm} \times 207 \text{ cm} \times 3,5 \text{ cm} = 63.031,5 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Parte de vidro: $14 \text{ cm} \times 77 \text{ cm} \times 3,5 \text{ cm} = 3773 \text{ cm}^3$

Volume: $63.031,5 \text{ cm}^3 - 3773 \text{ cm}^3 = 59.258,5 \text{ cm}^3 = 0,0592585 \text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,0592585 \text{ m}^3 = 31,23 \text{ kg} = 31.230 \text{ g}$

Quantidade: 1

Total = $1 \times 31.230 \text{ g} = \mathbf{31.230 \text{ g}}$

- Mesa professor:

Massa = 5.440 g de madeira (balança)

Quantidade = 1

Total = $1 \times 5.440 \text{ g} = \mathbf{5.440 \text{ g}}$

- Mesa grande:

Medidas: Parte superior: $170,5 \text{ cm} \times 90 \text{ cm} \times 2,3 \text{ cm} = 35.293,5 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Apoio maior (2): $160 \text{ cm} \times 9,5 \text{ cm} \times 1,6 \text{ cm} = 2.432 \text{ cm}^3$ cada $\times 2 = 4.864 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Apoio menor (2): $80 \text{ cm} \times 9,5 \text{ cm} \times 1,6 \text{ cm} = 1.216 \text{ cm}^3$ cada $\times 2 = 2.432 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Pés (4): $77 \times 5,5 \times 5,5 = 2.329,25 \text{ cm}^3$ cada $\times 4 = 9.317 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Apoio (baixo): $160 \text{ cm} \times 80 \text{ cm} \times 1,6 \text{ cm} = 20.480 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Apoio maior - baixo (2): $160 \text{ cm} \times 6,5 \text{ cm} \times 1,6 \text{ cm} = 1.664 \text{ cm}^3$ cada $\times 2 = 3.328 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Apoio menor - baixo (2): $80 \text{ cm} \times 6,5 \text{ cm} \times 1,6 \text{ cm} = 832 \text{ cm}^3$ cada $\times 2 = 1664 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Volume (mesa toda) = $35.293,5 \text{ cm}^3 + 4.864 \text{ cm}^3 + 2.432 \text{ cm}^3 + 9.317 \text{ cm}^3 + 20.480 \text{ cm}^3 + 3.328 \text{ cm}^3 + 1664 \text{ cm}^3 = 77.378,5 \text{ cm}^3 = 0,0774 \text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,0774 \text{ m}^3 = 40,78 \text{ kg} = 40.780 \text{ g}$

Quantidade: 1 mesa

Total = $1 \times 40.780 \text{ g} = \mathbf{40.780 \text{ g}}$

- Mesas grandes:

Medidas: Parte superior: $149,8 \text{ cm} \times 72,5 \text{ cm} \times 4,3 \text{ cm} = 46.700,15 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Apoio maior (2): $118 \text{ cm} \times 11 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} = 3.894 \text{ cm}^3$ cada $\times 2 = 7.788 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Apoio menor (2): $57 \text{ cm} \times 11 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} = 1.881 \text{ cm}^3$ cada $\times 2 = 3.762 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Pés (4): $89,4 \text{ cm} \times 9,5 \text{ cm} \times 6,2 \text{ cm} = 5.265,66 \text{ cm}^3$ cada $\times 4 = 21.062,64 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Apoio baixo (1): $127 \text{ cm} \times 4,2 \text{ cm} \times 4,2 \text{ cm} = 2.240,28 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Apoio baixo (2): $57 \text{ cm} \times 3,5 \text{ cm} \times 3,5 \text{ cm} = 698,25 \text{ cm}^3$ cada $\times 2 = 1.396,5 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Volume (mesa toda) = $46.700,15 \text{ cm}^3 + 7.788 \text{ cm}^3 + 3.762 \text{ cm}^3 + 21.062,64 \text{ cm}^3 + 2.240,28 \text{ cm}^3 + 1.396,5 \text{ cm}^3 = 82.949,57 \text{ cm}^3 = 0,083 \text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,083 \text{ m}^3 = 43,74 \text{ kg}$ cada mesa

Quantidade: 2 mesas

Total = $2 \times 43,74 \text{ kg} = 87,48 \text{ kg} = \mathbf{87.480 \text{ g}}$

- Armários (bancadas):

Medidas: Frente e fundo (2): $3,13 \text{ m} \times 0,82 \text{ m} \times 0,016 \text{ m} = 0,041 \text{ m}^3$ cada $\times 2 = 0,082 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Laterais e meio (7): $0,455 \text{ m} \times 0,82 \text{ m} \times 0,016 \text{ m} = 0,00597 \text{ m}^3$ cada $\times 7 = 0,0418 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Volume (cada armário) = $0,082 \text{ m}^3 + 0,0418 \text{ m}^3 = 0,1238 \text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,1238 \text{ m}^3 = 65,24 \text{ kg}$ cada armário

Quantidade: 6

Total = $6 \times 65,24 \text{ kg} = 391,46 \text{ kg} = \mathbf{391.460 \text{ g}}$

- Armários (pias):

Medidas: Frente e fundo (2): $1,13 \text{ m} \times 0,82 \text{ m} \times 0,016 \text{ m} = 0,0148 \text{ m}^3$ cada $\times 2 = 0,0296 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Laterais (2): $0,49 \text{ m} \times 0,82 \text{ m} \times 0,016 \text{ m} = 0,0064 \text{ m}^3$ cada $\times 2 = 0,0128 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Volume (cada armário) = $0,0296 \text{ m}^3 + 0,0128 \text{ m}^3 = 0,0424 \text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,0424 \text{ m}^3 = 22,345 \text{ kg}$ cada armário

Quantidade: 6

Total = $6 \times 22,345 \text{ kg} = 134,07 \text{ kg} = \mathbf{134.070 \text{ g}}$

Total madeira = **896.006 g**

Granito

- Bancadas:

Medidas: $3,19 \text{ m} \times 1,21 \text{ m} \times 0,03 \text{ m} = 0,1158 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Friso grande (2): $3,19 \text{ m} \times 0,03 \text{ m} \times 0,02 \text{ m} = 0,001914 \text{ m}^3$ cada $\times 2 = 0,003828 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Friso pequeno (2): $1,21 \text{ m} \times 0,03 \text{ m} \times 0,02 \text{ m} = 0,000726 \text{ m}^3$ cada $\times 2 = 0,001452 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Volume = $0,1158 \text{ m}^3 + 0,003828 \text{ m}^3 + 0,001452 \text{ m}^3 = 0,121 \text{ m}^3$

Densidade (granito) = 2.691 kg/m^3 (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa = $d \times V = 2.691 \text{ kg/m}^3 \times 0,121 \text{ m}^3 = 325,82 \text{ kg}$ (cada bancada)

Quantidade: 6 bancadas

Total: $6 \times 325,82 \text{ kg} = 1954,92 \text{ kg} = \mathbf{1.954.920 \text{ g}}$

Total de granito = **1.954.920 g**

Ferro

- Mesa professor:

Massa = $10,08 \text{ kg} = 10.080 \text{ g}$ de ferro (balança)

Quantidade = 1 (dado de campo)

Total = $1 \times 10.080 \text{ g} = \mathbf{10.080 \text{ g}}$

- Materiais: foram obtidos na balança

Total = **26.104 g**

- Luminárias:

Massa = 4.950 g cada luminária (balança)

Quantidade = 9 luminárias (dado de campo)

Total = $9 \times 4.950 \text{ g} = \mathbf{44.550 \text{ g}}$

Total ferro = **80.734 g**

Vidro

- Vidros das janelas:

Medidas: Vidros grandes: $87 \text{ cm} \times 79 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} = 3.436,5 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Vidros pequenos: $44 \text{ cm} \times 79 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} = 1.738 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Densidade (vidro) = $2,579 \text{ g/cm}^3$ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa (vidro grande) = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 3.436,5 \text{ cm}^3 = 8.862,73 \text{ g}$ (cada vidro grande)

Massa (vidro pequeno) = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 1.738 \text{ cm}^3 = 4.482,3 \text{ g}$ (cada vidro pequeno)

Quantidade de vidros: 9 grandes e 9 pequenos

Total: $9 \times 8.862,73 \text{ g} + 9 \times 4.482,3 \text{ g} = \mathbf{120.105,27 \text{ g}}$

- Vidro da porta:

Medidas: $14 \text{ cm} \times 77 \text{ cm} \times 0,3 \text{ cm} = 323,4 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Densidade = $2,579 \text{ g/cm}^3$ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 323,4 \text{ cm}^3 = 834,05 \text{ g}$

Quantidade: 1 porta

Total: $1 \times 834,05 \text{ g} = \mathbf{834,05 \text{ g}}$

Total de vidro = **120.939 g**

- Lâmpadas das luminárias:

Massa = 100 g cada lâmpada (balança)

Quantidade = 18 lâmpadas (dado de campo)

Total = $18 \times 100 \text{ g} = \mathbf{1.800 \text{ g}}$

Total de vidro (lâmpadas das luminárias) = **1.800 g**

- Materiais (vidraria): foram obtidos na balança

Total: 77.272 g

Total de vidro (vidraria) = **77.272 g**

Plástico

- Materiais: foram obtidos na balança

Total: 5.545,9 g

- Cesto de lixo (grande):

Massa cada = 3.249 g

Quantidade = 1

Total = 1 x 3.249 g = **3.249 g**

Total plástico = 8.795 g

Ventiladores = 2 unidades

Anexo A.4 – Laboratórios de Física / Elétrica / Ciência dos materiais / Mecânica dos Fluidos (todos do andar térreo)

Madeira

- Lousas (brancas):

Medida: 3 m x 1,2 m x 0,02 m = 0,072 m³ (dado de campo)

Volume = 0,072 m³

Densidade (madeira): 527 kg/m³ (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = d x V = 527 kg/m³ x 0,072 m³ = 37,94 kg (cada lousa)

Quantidade: 12

Total = 12 x 37,94 kg = 455,28 kg = **455.280 g**

- Portas:

Medidas: Porta (toda): 87 cm x 207 cm x 3,5 cm = 63.031,5 cm³ (dado de campo)

Parte de vidro: 14 cm x 77 cm x 3,5 cm = 3773 cm³

Volume (cada porta): 63.031,5 cm³ - 3773 cm³ = 59.258,5 cm³ = 0,0592585 m³

Densidade (madeira): 527 kg/m³ (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = d x V = 527 kg/m³ x 0,0592585 m³ = 31,23 kg de madeira cada porta

Quantidade de portas: 14

Total = 14 x 31,23 kg = 437,22 kg = **437.220 g**

Total de madeira = 892.500 g

Granito

- Mesas:

Medidas: Parte superior: 2 m x 0,74 m x 0,02 m = 0,0296 m³

Volume (cada mesa) = 0,0296 m³

Densidade (granito): 2.691 kg/m³ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa = d x V = 2.691 kg/m³ x 0,0296 m³ = 79,65 kg cada mesa

Quantidade = 72 mesas (dado de campo)

Total = 72 x 79,65 kg = 5.734,8 kg = 5.734.800 g

Total de granito = 5.734.800 g

Ferro

- Mesas:

Medidas: Pés (4): 78 cm x 10 cm x 0,2 cm = 156 cm³ cada x 4 = 624 cm³ (dado de campo)

Apoio maior (2): 187 cm x 10 cm x 0,2 cm = 374 cm³ cada x 2 = 748 cm³ (dado de campo)

Apoio menor (2): 61,5 cm x 10 cm x 0,2 cm = 123 cm³ cada x 2 = 246 cm³ (dado de campo)

Volume (cada mesa) = 624 cm³ + 748 cm³ + 246 cm³ = 1.618 cm³

Densidade (Fe) = 7.870 kg/m³ = 7,870 g/cm³ (<http://www.hypertextbook.com/physics/matter/density/>)

Massa = d x V = 7,870 g/cm³ x 1.618 cm³ = 12.733,66 g cada mesa

Quantidade = 6 em cada laboratório = 6 x 6 = 36 mesas (dado de campo)

Total = $72 \times 12.733,66 \text{ g} = \mathbf{916.823 \text{ g}}$

- Luminárias:

Massa = 4.950 g cada luminária (balança)

Quantidade = 117 luminárias (dado de campo)

Total = $117 \times 4.950 \text{ g} = \mathbf{579.150 \text{ g}}$

Total de ferro = $\mathbf{1.495.973 \text{ g}}$

Vidros

- Vidros das portas:

Medidas: $14 \text{ cm} \times 77 \text{ cm} \times 0,3 \text{ cm} = 323,4 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Densidade = $2,579 \text{ g/cm}^3$ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 323,4 \text{ cm}^3 = 834,05 \text{ g}$ (cada porta)

Quantidade: 14 portas

Total de vidro das portas: $14 \times 834,05 \text{ g} = \mathbf{11.676,7 \text{ g}}$

Total de vidro (portas e janelas) = $\mathbf{11.676,7 \text{ g}}$

- Lâmpadas das luminárias:

Massa = 100 g cada lâmpada (balança)

Quantidade = 234 lâmpadas (dado de campo)

Total = $234 \times 100 \text{ g} = \mathbf{23.400 \text{ g}}$

Total de vidro (lâmpadas das luminárias) = $\mathbf{23.400 \text{ g}}$

Plástico

- Cadeiras:

Massa = 2.190 g (balança)

Quantidade = 432 cadeiras (dado de campo)

Total = $432 \times 2.190 \text{ g} = \mathbf{946.080 \text{ g}}$

- Cesto de lixo:

Massa (cada) = 688,76 g

Quantidade = 13

Total = $13 \times 688,76 \text{ g} = \mathbf{8.954 \text{ g}}$

Total de plástico = $\mathbf{955.034 \text{ g}}$

Ventiladores = 26 unidades

Anexo A.5 – Corredores (usados pelo Curso de Engenharia)

Madeira

- Bancos:

Medidas:

- Quadrinhos: $6 \text{ cm} \times 6 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} = 108 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Quantidade de quadrinhos (cada banco) : 57

Total: $57 \times 108 \text{ cm}^3 = 6156 \text{ cm}^3$

- Tiras (pequenas): $6 \text{ cm} \times 42 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} = 756 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Quantidade de tiras (cada banco) : 20

Total: $20 \times 756 \text{ cm}^3 = 15120 \text{ cm}^3$

- Tiras (grandes): $238 \text{ cm} \times 6 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} = 4284 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Quantidade de tiras (cada banco) : 2

Total: $2 \times 4284 \text{ cm}^3 = 8564 \text{ cm}^3$

- Apoio: Tiras (pequenas): $44,5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} = 667,5 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Quantidade de tiras (cada banco) : 6

Total: $6 \times 667,5 \text{ cm}^3 = 4005 \text{ cm}^3$

- Apoio: Tiras (grandes): $90 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} = 1350 \text{ cm}^3$ (dado de campo)
Quantidade de tiras (cada banco) : 8
Total: $8 \times 1350 \text{ cm}^3 = 10.800 \text{ cm}^3$
- Total (cada banco): $6156 + 15120 + 8564 + 10800 + 4005 = 44.649 \text{ cm}^3$
Volume (cada banco): $44.649 \text{ cm}^3 = 0,044649 \text{ m}^3$
Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)
Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,044649 \text{ m}^3 = 23,53 \text{ kg}$ de madeira cada banco
Quantidade de bancos: 50
Total = $50 \times 23,53 \text{ kg} = 1176,5 \text{ kg} = 1.176.500 \text{ g}$

• Murais:

Medidas:

$110 \text{ cm} \times 188 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 31.020 \text{ cm}^3 = 0,03102 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Volume (cada mural): $0,03102 \text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,03102 \text{ m}^3 = 16,347 \text{ kg} = 16.347,5 \text{ g}$ de madeira cada mural

Quantidade de murais: 42

Total = $42 \times 16.347,5 \text{ g} = 686.597 \text{ g}$

Total madeira = 1.863.097 g

Plástico

• Cestos de lixo (grandes):

Massa cada = $3,25 \text{ kg} = 3.250 \text{ g}$

Quantidade = 20

Total = $20 \times 3.250 \text{ g} = 65.000 \text{ g}$

Total plástico = 65.000 g

Granito

• Escadas (corrimão):

Medidas: Grandes: $313 \text{ cm} \times 14,5 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} = 9077 \text{ cm}^3$

Pequenas: $22 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} = 660 \text{ cm}^3$

Quantidade de tiras: 22

Total: $22 \times 9077 \text{ cm}^3 + 22 \times 660 \text{ cm}^3 = 214.214 \text{ cm}^3 = 0,214214 \text{ m}^3$

Volume = $0,214214 \text{ m}^3$

Densidade (granito): 2.691 kg/m^3 (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa = $d \times V = 2.691 \text{ kg/m}^3 \times 0,214214 \text{ m}^3 = 576,45 \text{ kg}$

Total = $576,45 \text{ kg} = 576.450 \text{ g}$

Total de granito = 576.450 g

Ferro

• Murais:

Medidas:

Laterais maiores: $198 \text{ cm} \times 7,6 \text{ cm} \times 0,2 \text{ cm} = 300,96 \text{ cm}^3 \times 2 = 601,92 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Laterais menores: $119 \text{ cm} \times 7,6 \text{ cm} \times 0,2 \text{ cm} = 180,88 \text{ cm}^3 \times 2 = 361,76 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Volume (cada mural): $601,92 \text{ cm}^3 + 361,76 \text{ cm}^3 = 963,68 \text{ cm}^3$

Densidade (Fe) = $7.870 \text{ kg/m}^3 = 7,870 \text{ g/cm}^3$ (<http://www.hypertextbook.com/physics/matter/density/>)

Massa = $d \times V = 7,870 \text{ g/cm}^3 \times 963,68 \text{ cm}^3 = 7.584,16 \text{ g}$ de ferro cada mural

Quantidade de murais: 42

Total = $42 \times 7.584,16 \text{ g} = 318.535 \text{ g}$

• Luminárias:

Massa = 4.950 g cada luminária (balança)

Quantidade = 284 luminárias (dado de campo)

Total = $284 \times 4.950 \text{ g} = 1.405.800 \text{ g}$

Total de ferro = **1.724.335 g**

Vidro

- Murais:

Medidas:

107 cm x 97,5 cm x 0,4 cm = 4.173 cm^3 (dado de campo)

Volume (cada mural): 4.173 cm^3

Densidade (vidro): $2,579 \text{ g/cm}^3$ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 4.173 \text{ cm}^3 = 10.762 \text{ g}$ cada vidro

Quantidade de murais: 42 (Cada mural possui dois vidros) = 84 vidros

Total = $84 \times 10.762 \text{ g} = 904.008 \text{ g}$

Total de vidro (murais) = **904.008 g**

- Lâmpadas das luminárias:

Massa = 100 g cada lâmpada (balança)

Quantidade = 568 lâmpadas (dado de campo)

Total = $568 \times 100 \text{ g} = 56.800 \text{ g}$

Total de vidro (lâmpadas) = **56.800 g**

Anexo A.6 – Área Externa (prédio usado pela Engenharia)

Alumínio

Brises (proteção de janela)

- Frente do prédio: 504 tiras
- Meio: 540 tiras
- Fundo do prédio: 240 tiras

Total = 1284 tiras

Medidas: 18 cm x 648 cm x 0,2 cm = $2.332,8 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Volume = $2.332,8 \text{ cm}^3$ (cada tira)

Densidade (Alumínio): $2.700 \text{ kg/m}^3 = 2,7 \text{ g/cm}^3$ (<http://www.hypertextbook.com/physics/matter/density/>)

Massa = $d \times V = 2,7 \text{ g/cm}^3 \times 2.332,8 \text{ cm}^3 = 6.298,56 \text{ g}$ de alumínio cada tira

Quantidade de tiras: 1284

Total = $1284 \times 6.298,56 \text{ g} = **8.087.351 g**$

Total alumínio = **8.087.351 g**

Anexo A.7 – Banheiros (20)

Madeira

- Portas:

Medidas:

Porta (entrada): 87 cm x 207 cm x 3,5 cm = $63.031,5 \text{ cm}^3 = 0,063 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Quantidade de portas (20 banheiros com 1 porta cada): 20

Total: $20 \times 0,063 \text{ m}^3 = 1,26 \text{ m}^3$

Porta (box): 55,5 cm x 160 cm x 3,5 cm = $31.080 \text{ cm}^3 = 0,03108 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Quantidade de portas (20 banheiros com 6 portas cada): $20 \times 6 = 120$

Total: $120 \times 0,03108 \text{ m}^3 = 3,73 \text{ m}^3$

Volume (portas): $1,26 \text{ m}^3 + 3,73 \text{ m}^3 = 4,99 \text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 4,99 \text{ m}^3 = 2.629,73 \text{ kg}$ de madeira

Total = $2.629,73 \text{ kg} = 2.629.730 \text{ g}$

Total madeira = 2.629.730 g

Ferro

- Luminárias:

Massa = 4.950 g cada luminária (balança)

Quantidade = 40 luminárias (dado de campo)

Total = 40 x 4.950 g = 198.000 g

Total ferro = 198.000 g

Plástico

- Cestos de lixo (pequenos):

Massa cada = 688,76 g

Quantidade (20 banheiros com 6 lixos cada) = 20 x 6 = 120

Total = 120 x 688,76 g = **82.651 g**

- Cestos de lixo (grandes):

Massa cada = 3.250 g

Quantidade = (20 banheiros com 1 lixo cada) = 20

Total = 20 x 3.250 g = **65.000 g**

Total plástico = 147.651 g

Granito

- Divisões dos banheiros:

Medidas: Grandes: 120 cm x 178,5 cm x 3 cm = 64.260 cm³

Pequenas: 30cm x 178,5 cm x 3 cm = 16.065 cm³

Quantidade (20 banheiros com 5 divisões grandes e 5 pequenas cada) = 20 x 5 = 100 grandes e 100 pequenas

Total: 100 x 64.260 cm³ + 100 x 16.065 cm³ = 8.032.500 cm³ = 8,0325 m³

Volume = 8,0325 m³

Densidade (granito): 2.691 kg/m³ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa = d x V = 2.691 kg/m³ x 8,0325 m³ = 21.615,457 kg

Total = 21.615,457 kg = 21.615.457 g

- Pias (banheiros do 4º andar):

Medidas: 431 cm x 54 cm x 3 cm = 69.822 cm³ (dado de campo)

Friso (2): 431 cm x 6,5 cm x 2 cm = 5603 cm³ (dado de campo)

Total de granito (cada pia): 69.822 cm³ + 5603 cm³ = 75.425 cm³

Quantidade (2 banheiros com 1 pia cada) = 2

Total: 2 x 75.425 cm³ = 150.850 cm³ = 0,15085 m³

Volume = 0,15085 m³

Densidade (granito): 2.691 kg/m³ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa = d x V = 2.691 kg/m³ x 0,15085 m³ = 405,937 kg

Total = 405,937 kg = 405.937 g

- Pias (banheiros dos outros andares):

Medidas: 677 cm x 54,5 cm x 3 cm = 110.689,5 cm³ (dado de campo)

Apoio: 677 cm x 15 cm x 3 cm = 30.465 cm³ (dado de campo)

Friso superior (1): 6,8 cm x 677 cm x 3 cm = 9.207,2 cm³ (dado de campo)

Frisos laterais (2): 6,8 cm x 57 cm x 2 cm = 1.550,4 cm³ (dado de campo)

Friso frente: 677 cm x 1,5 cm x 3 cm = 3.046,5 cm³ (dado de campo)

Total de granito (cada pia): 110.689,5 cm³ + 30.465 cm³ + 9.207,2 cm³ + 1.550,4 cm³ + 3.046,5 cm³ = 154.958,6 cm³

Quantidade (18 banheiros com 1 pia cada) = 18

Total: 18 x 154.958,6 cm³ = 2.789.254,8 cm³ = 2,79 m³

Volume = 2,79 m³

Densidade (granito): 2.691 kg/m³ (Internet)

Massa = $d \times V = 2.691 \text{ kg/m}^3 \times 2,79 \text{ m}^3 = 7.507,89 \text{ kg}$

Total = 7.507,89 kg = 7.507.890 g

Total granito = 29.529.284 g

Vidro

- Vidros das janelas:

Medidas: Vidros grandes: 87 cm x 79 cm x 0,5 cm = 3.436,5 cm³ (dado de campo)

Vidros pequenos: 44 cm x 79 cm x 0,5 cm = 1.738 cm³ (dado de campo)

Densidade (vidro) = 2,579 g/cm³ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa (vidro grande) = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 3.436,5 \text{ cm}^3 = 8.862,73 \text{ g}$ (cada vidro grande)

Massa (vidro pequeno) = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 1.738 \text{ cm}^3 = 4.482,3 \text{ g}$ (cada vidro pequeno)

Cada 2 banheiros (1 feminino e um masculino): 1 janela com 8 vidros grandes e 8 pequenos.

Quantidade de vidros: 80 grandes e 80 pequenos

Total: 80 x 8.862,73 g + 80 x 4.482,3 g = 1.067.602 g

Total de vidro das janelas: **1.067,52 kg**

- Vidros dos espelhos (banheiros do 4º andar):

Medidas: Espelho grande: 128 cm x 47 cm x 0,4 cm = 2.406,4 cm³ (dado de campo)

Espelho grande: 79,5 cm x 134,5 cm x 0,4 cm = 4.277,1 cm³ (dado de campo)

Densidade = 2,579 g/cm³ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa (espelho grande) = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 2.406,4 \text{ cm}^3 = 6.206,1 \text{ g}$ (cada espelho grande)

Massa (espelho pequeno) = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 4.277 \text{ cm}^3 = 11.030,38 \text{ g}$ (cada espelho pequeno)

Quantidade: 2 espelhos grandes e 1 espelho pequeno (só feminino)

Total: 2 x 6.206,1 g + 1 x 11.030,38 g = **23.442 g**

- Vidros dos espelhos (banheiros dos outros andares):

Medidas: Espelho grande: 677 cm x 73,5 cm x 0,4 cm = 19.903,8 cm³ (dado de campo)

Espelho grande: 79,5 cm x 134,5 cm x 0,4 cm = 4.277,1 cm³ (dado de campo)

Densidade = 2,579 g/cm³ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa (espelho grande) = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 19.903,8 \text{ cm}^3 = 51.331,9 \text{ g}$ (cada espelho grande)

Massa (espelho pequeno) = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 4.277 \text{ cm}^3 = 11.030,38 \text{ g}$ (cada espelho pequeno)

Quantidade: 18 espelhos grandes e 9 espelhos pequenos (só feminino)

Total: 18 x 51.331,9 g + 9 x 11.030,38 g = **1.023.265 g**

Total de vidro = 2.114.309 g

- Lâmpadas das luminárias:

Massa = 100 g cada lâmpada (balança)

Quantidade = 80 lâmpadas (dado de campo)

Total = 80 x 100 g = **8.000 g**

Total de vidro (lâmpadas) = 8.000 g

Anexo A.8 – Sala dos professores (usada por todos os cursos)

Madeira

- Mesas redondas:

Medidas: D = 1,20 m = R = 0,60 m (dado de campo)

h = 2 cm = 0,02 m

Volume (cada mesa): 0,04524 m³

Densidade (madeira): 527 kg/m³ (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,04524 \text{ m}^3 = 23,84 \text{ kg}$ de madeira cada mesa = 23.841,5 g

Quantidade = 11 (dado de campo)

Total = 11 x 23.841,5 g = 262.256 g

- Portas:

Medidas: Porta (toda): $87 \text{ cm} \times 207 \text{ cm} \times 3,5 \text{ cm} = 63.031,5 \text{ cm}^3$ (dado de campo)
 Volume (cada porta): $63.031,5 \text{ cm}^3 = 0,0630315 \text{ m}^3$
 Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)
 Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,0630315 \text{ m}^3 = 33,218 \text{ kg}$ de madeira cada porta
 Quantidade de portas: 2
 Total = $2 \times 33,218 \text{ kg} = 66,435 \text{ kg} = 66.435 \text{ g}$

- Cadeiras (parte de madeira):
 Massa cada = 1.900 g
 Quantidade = 36
 Total = $36 \times 1.900 \text{ g} = 68.400 \text{ g}$
- Murais:
 Medidas:
 $110 \text{ cm} \times 188 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 31.020 \text{ cm}^3 = 0,03102 \text{ m}^3$ (dado de campo)
 Volume (cada mural): $0,03102 \text{ m}^3$
 Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)
 Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,03102 \text{ m}^3 = 16,347 \text{ kg} = 16.347,5 \text{ g}$ de madeira cada mural
 Quantidade de murais: 3
 Total = $3 \times 16.347,5 \text{ g} = 49.042 \text{ g}$
 Total madeira = 446.133 g
 Engenharia: $50,76\% \times 446.133 \text{ g} = \mathbf{226.457 \text{ g}}$
Total madeira (Engenharia) = **226.457 g**

Ferro

- Mesas redondas (pés):
 Medidas: apoio vazado (2): $3 \text{ cm} \times 37 \text{ cm} \times 0,15 \text{ cm} = 33,3 \text{ cm}^3$ (dado de campo)
 (2): $4,7 \text{ cm} \times 37 \text{ cm} \times 0,15 \text{ cm} = 52,17 \text{ cm}^3$ (dado de campo)
 Cada apoio vazado (8) = $33,3 \text{ cm}^3 + 52,17 \text{ cm}^3 = 85,47 \text{ cm}^3$
 Medidas: apoio vazado (2): $63 \text{ cm} \times 4,7 \text{ cm} \times 0,15 \text{ cm} = 88,83 \text{ cm}^3$ (dado de campo)
 (2): $63 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} \times 0,15 \text{ cm} = 56,7 \text{ cm}^3$ (dado de campo)
 Cada apoio vazado (4) = $88,83 \text{ cm}^3 + 56,7 \text{ cm}^3 = 145,53 \text{ cm}^3$
 Total: $8 \times 85,47 \text{ cm}^3 + 4 \times 145,53 \text{ cm}^3 = 1.265,88 \text{ cm}^3$ (cada mesa)
 Densidade (Fe) = $7.870 \text{ kg/m}^3 = 7,870 \text{ g/cm}^3$ (<http://www.hypertextbook.com/physics/matter/density/>)
 Massa = $d \times V = 7,870 \text{ g/cm}^3 \times 1.265,88 \text{ cm}^3 = 9.962,5 \text{ g}$ de ferro cada mesa
 Quantidade de mesas: 11
 Total = $11 \times 9.962,5 \text{ g} = 109.587,5 \text{ g}$
- Cadeiras (parte de ferro):
 Massa cada = 2.229 g
 Quantidade = 36
 Total = $36 \times 2.229 \text{ g} = 80.244 \text{ g}$
- Luminárias:
 Massa cada = 4.950 g
 Quantidade = 12
 Total = $12 \times 4.950 \text{ g} = 59.400 \text{ g}$
- Armários:
 Medidas: frente e fundo (2): $295 \text{ cm} \times 125 \text{ cm} \times 0,1 \text{ cm} = 3.687,5 \text{ cm}^3$ (dado de campo)
 cima e baixo (2): $50 \text{ cm} \times 125 \text{ cm} \times 0,1 \text{ cm} = 625 \text{ cm}^3$ (dado de campo)
 Cada armário: $2 \times 3.687,5 + 2 \times 625 = 7.375 \text{ cm}^3 + 1.250 \text{ cm}^3 = 8.625 \text{ cm}^3$
 Densidade (Fe) = $7.870 \text{ kg/m}^3 = 7,870 \text{ g/cm}^3$ (<http://www.hypertextbook.com/physics/matter/density/>)
 Massa = $d \times V = 7,870 \text{ g/cm}^3 \times 8.625 \text{ cm}^3 = 67.878,75 \text{ g}$ de ferro cada armário
 Quantidade de armários: 12
 Total = $12 \times 67.878,75 \text{ g} = 814.545 \text{ g}$

- Murais:

Medidas:

Laterais maiores: $198 \text{ cm} \times 7,6 \text{ cm} \times 0,2 \text{ cm} = 300,96 \text{ cm}^3 \times 2 = 601,92 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Laterais menores: $119 \text{ cm} \times 7,6 \text{ cm} \times 0,2 \text{ cm} = 180,88 \text{ cm}^3 \times 2 = 361,76 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Volume (cada mural): $601,92 \text{ cm}^3 + 361,76 \text{ cm}^3 = 963,68 \text{ cm}^3$

Densidade (Fe) = $7.870 \text{ kg/m}^3 = 7,870 \text{ g/cm}^3$ (<http://www.hypertextbook.com/physics/matter/density/>)

Massa = $d \times V = 7,870 \text{ g/cm}^3 \times 963,68 \text{ cm}^3 = 7.584,16 \text{ g}$ de ferro cada mural

Quantidade de murais: 3

Total = $3 \times 7.588 \text{ g} = 22.752,5 \text{ g}$

Total ferro = 1.086.530 g

Engenharia: $50,76\% \times 1.086.530 \text{ g} = 551.523 \text{ g}$

Total ferro (Engenharia) = 551.523 g

Plástico

- Cesto de lixo (grande):

Massa cada = 3.249 g

Quantidade = 1

Total = $1 \times 3.249 \text{ g} = 3.249 \text{ g}$

Total plástico = 3.249 g

Engenharia: $50,76\% \times 3.249 \text{ g} = 1.649 \text{ g}$

Total plástico (Engenharia) = 1.649 g

Vidro

- Vidros das janelas:

Medidas: Vidros grandes: $87 \text{ cm} \times 79 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} = 3.436,5 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Vidros pequenos: $44 \text{ cm} \times 79 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} = 1.738 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Densidade (vidro) = $2,579 \text{ g/cm}^3$ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa (vidro grande) = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 3.436,5 \text{ cm}^3 = 8.862,73 \text{ g}$ (cada vidro grande)

Massa (vidro pequeno) = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 1.738 \text{ cm}^3 = 4.482,3 \text{ g}$ (cada vidro pequeno)

Quantidade de vidros: 12 grandes e 12 pequenos

Total: $12 \times 8.862,73 \text{ g} + 12 \times 4.482,3 \text{ g} = 160.140 \text{ g}$

Total de vidro das janelas: 160.140 g

Total vidro = 160.140 g

Engenharia: $50,76\% \times 160.140 \text{ g} = 81.287 \text{ g}$

Total de vidro (Engenharia) = 81.287 g

- Lâmpadas das luminárias:

Massa = 100 g cada lâmpada (balança)

Quantidade = 24 lâmpadas (dado de campo)

Total = $24 \times 100 \text{ g} = 2.400 \text{ g}$

Total vidro = 2.400 g

Engenharia: $50,76\% \times 2.400 \text{ g} = 1.218 \text{ g}$

Total de vidro das lâmpadas (Engenharia) = 1.218 g

Ventiladores = 3 unidades

Anexo A.9 – Total de materiais (construção do prédio e mobiliário)

Soma dos Anexos A.2 à A.8

Madeira

Salas de aula: 15.231.621 g

Laboratório de Química: 896.006 g

Laboratório de Física: 892.500 g
Corredores: 1.863.097 g
Banheiros: 2.629.730 g
Sala dos professores: 226.457 g
Total madeira = 21.739.411 g / 25 = 869.576 g

Ferro

Salas de aula: 24.265.213 g
Laboratório de Química: 80.734 g
Laboratório de Física: 1.495.973 g
Banheiros: 198.000 g
Sala dos professores: 551.523 g
Corredores: 1.724.335 g
Total ferro = 28.315.778 g / 25 = 1.132.631 g

Plástico

Salas de aula: 5.276.039 g
Laboratório de Química: 8.795 g
Laboratório de Física: 955.034 g
Corredores: 65.000 g
Banheiros: 147.651 g
Sala dos professores: 1.649 g
Total plástico = 6.454.168 g / 25 = 258.167 g

Vidro

Salas de aula: 5.197.073 g
Laboratório de Química: 120.939 g
Laboratório de Física: 11.667 g
Corredores: 904.008 g
Banheiros: 2.114.309 g
Sala dos professores: 81.287 g
Total de vidro = 8.429.283 g / 25 = 337.171 g

Vidro (lâmpadas das luminárias)

Salas de aula: 92.800 g
Laboratório de Química: 1.800 g
Laboratório de Física: 23.400 g
Corredores: 56.800 g
Banheiros: 8.000 g
Sala dos professores: 1.218 g
Total de vidro: 184.018 g
Tempo de depreciação: 6 anos* (na UNIP)
Total de vidro das lâmpadas: 184.018 g / 6 = 30.670 g

* Vida útil: 7.500 horas

Média: 6h/dia x 205 dias letivos = 1230 horas/ano (média)

Vida útil = 7.500 / 1230 = 6 anos

Granito

Laboratório de Química: 1.954.920 g
Laboratório de Física: 5.734.800 g
Corredores: 576.450 g

Banheiro: 29.529.284 g

Total de granito = 37.795.454 g / 25 = 1.511.818 g

Alumínio

Área externa: 8.087.341 g

Total de alumínio = 8.087.341 g / 25 = 323.494 g

Ventiladores (Quantidades)

Salas de aula: 106 unidades (Engenharia)

Laboratório de Química: 2 unidades (Engenharia)

Laboratório de Física: 26 unidades (Engenharia)

Sala dos professores: 3 unidades (uso comum)

Total de ventiladores = 134 (Engenharia) + 03 (uso comum a todos os cursos). O memorial de cálculo está no Anexo A.10

Anexo A.10 – Equipamentos (usados pela Engenharia)

Computador

Computador = 395 (Engenharia) + 33 (uso comum a todos os cursos)

$395 + 33 \times 50,76\% = 395 + 17 = 412$ (Engenharia)

Massa: 19,5 kg = 19.500 g (monitor + CPU + teclado)

Total: 8.034.000 g

Tempo de depreciação: 5 anos

Total = 8.084.000 g / 5 = 1.606.800 g

Data show

Data show = 14 (uso comum)

$14 \times 50,76\% = 7$ (Engenharia)

Massa: 3,1 kg = 3100 g

Total: 21.700 g

Tempo de depreciação: 5 anos

Total = 21.700 g / 5 = 4.340 g

Retroprojektor

Data show = 27 (uso comum)

$27 \times 50,76\% = 14$ (Engenharia)

Massa: 7,8 kg = 7.800 g

Total = $14 \times 7.800 = 109.200$ g

Tempo de depreciação: 5 anos

Total = 109.200 g / 5 = 21.840 g

Ventilador

Ventilador = 134 (Engenharia) + 03 (uso comum a todos os cursos)

$134 + 3 \times 50,76\% = 134 + 2 = 136$ (Engenharia)

Massa: 4,8 kg = 4.800 g

Total: $136 \times 4.800 = 652.800$ g

Tempo de depreciação: 10 anos

Total = 652.800 g / 10 = 65.280 g

Vidraria (laboratório)

Total: 77.272 g

Tempo de depreciação: 5 anos

Total = 77.272 g / 5 = 15.454 g

Anexo A.11 – Livros (Biblioteca – estoque)

Segundo Odum, 1996 = 1×10^6 livros = $7,85 \times 10^{18}$ sej (energia)

Para 1 livro = $7,85 \times 10^{12}$ sej (energia por livro)

Transformidade (Odum, 1996) = $2,054 \times 10^9$ sej/J

Energia = Energia / transformidade = $7,85 \times 10^{12}$ sej / $2,054 \times 10^9$ sej/J = $3,82 \times 10^3$ J (energia de cada livro). (Odum, 1996)

Total (campus Indianópolis) = 20.000 livros usados nos cursos de Engenharia (dado de campo)

Energia (livros da Engenharia) = 20.000 livros x $3,82 \times 10^3$ J = $7,64 \times 10^7$ J

Vida útil = 20 anos

Total (livros da Engenharia) = $7,64 \times 10^7$ J / 20 anos = $3,82 \times 10^6$ J

Total livros (biblioteca) = 3,82 x 10⁶ J

Anexo A.12 – Funcionários

Total (campus Indianópolis) = 600 funcionários (dado de campo)

Engenharia = 50,76%

Total Engenharia = 50,76% x 600 = 305 funcionários

Cada funcionário trabalha 8,8 horas diárias (44 semanais), 22 dias mensais e 11 meses por ano (descontando 1 mês de férias).

8,8 horas/ dia e 22 dias x 11 = 242 dias / anuais (cada funcionário).

305×120 kcal/ h x 4.186 J/ kcal x 8,8 h/ dia x 242 dias/ ano = $3,26 \times 10^{11}$ J/ ano.

Total (Engenharia) = $3,26 \times 10^{11}$ J/ ano.

A mão de obra (funcionários) foi dividida por 30 anos (tempo médio que os funcionários trabalham na UNIP) = $3,26 \times 10^{11}$ J / 30anos = $1,09 \times 10^{10}$ J/ano

Total funcionários = 1,09 x 10¹⁰ J/ano

Anexo B - Engenharia

Memorial de cálculo dos insumos referentes ao uso do edifício usado pelo curso de Engenharia da UNIP

Anexo B.1 – Irradiação Solar

Prédio

Insolação média – São Paulo (anual) = 4,14kWh/m² (Sundata: www.cresesb.cepel.br / 17/06/2008)

Área externa da UNIP

Teto: 73 m x 70 m = 5.110 m²

Frente/fundo: 73 m x 20 m = 1.460 m² x 2 = 2.920 m²

Laterais (2): 70 m x 20 m = 2800 m²

Total (área externa): **10.830 m²**

1 kW = 1000 J/s e 1h = 3600s

Total Irradiação Solar = 10.830 m² x 4,14 kWh/m² x 1.000 J/s x 3600s = 1,61 x 10¹¹ J

Anexo B.2 – Água

Poço – não renovável (dado de campo – contas da universidade)

Consumo anual (soma de todos os meses do ano).

Total de consumo = 15.251 m³ (consumo anual)

Alunos da Engenharia: 50,76%

Total consumo (Engenharia) = 50,76% x 15.251 m³ = 7.741,4 m³ (consumo anual)

Sabesp – pago (dado de campo – contas da universidade)

Consumo anual (soma de todos os meses do ano).

Total de consumo = 4.187 m³ (consumo anual)

Alunos da Engenharia: 50,76%

Total consumo (Engenharia) = 50,76% x 4.187 m³ = 2.125,3 m³ (consumo anual)

Total água consumida pela Engenharia = 9.866,7 m³

Anexo B.3 – Energia elétrica (eletricidade – contas da universidade)

Prédio Bacelar/Luis Góes

Ponta (17h30 às 20h30) = 982 kWh

Fora ponta indutivo (6h30 às 17h30 e 20h20 às 0h30) = 978 kWh

Fora ponta capacitivo (0h30 às 6h30) = 534 kWh

Total de consumo (mensal) = 2.494 kWh

Total de consumo (anual) = 12 x 2.494 kW = 29.928 kWh

Total de alunos = 5.457 alunos

Total de alunos da Engenharia = 2.770 alunos

Alunos da Engenharia: 50,76%

Total consumo (Engenharia) = 50,76% x 29.928 kWh = 15.191,45 kWh (consumo anual)

1 kW = 1000 J/s e 1h = 3600s

Total Energia Elétrica = 15.191,45 kWh x 1.000 J/s x 3600s = **5,47 x 10¹⁰ J (consumo anual)**

Prédio Informática (Engenharia)

Total de consumo (soma de todos os meses do ano) = 81.672 kWh (consumo anual)

Total Energia Elétrica = 81.672 kWh x 1.000 J/s x 3600s = 2,94 x 10¹¹ J = **29,4 x 10¹⁰ J (consumo anual)**

Total energia elétrica consumida pela Engenharia = 5,47 x 10¹⁰ J + 29,4 x 10¹⁰ J

Total energia elétrica consumida pela Engenharia = 3,487 x 10¹¹ J

Anexo B.4 – Materiais

Papel

Papel sulfite

Massa de cada pacote com 500 folhas = 2,36kg (dado de campo)

Quantidade = 440 caixas por ano com 10 pacotes cada = 4.400 pacotes (dado de campo)

Total UNIP= $4.400 \times 2,36\text{kg} = 10.384\text{kg} = 10.384.000\text{g}$

Alunos da Engenharia: 50,76%

Total Engenharia = $50,76\% \times 10.384.000\text{g} = \mathbf{5.270.918,4\text{g}}$

Total papel sulfite usado pela Engenharia = **5.270.918,4g**

Papel toalha

Massa de cada rolo = 1,6 kg (dado de campo)

Quantidade = 180 caixas por ano com 8 rolos cada = 1.440 rolos (dado de campo)

Total UNIP= $1.440 \times 1,6 \text{ kg} = 2.304 \text{ kg} = 2.304.000 \text{ g}$

Alunos da Engenharia: 50,76%

Total Engenharia = $50,76\% \times 2.304.000 \text{ g} = \mathbf{1.169.510,4 \text{ g}}$

Papel higiênico

Massa de cada rolo = 1,15 kg (dado de campo)

Quantidade = 120 caixas por ano com 8 rolos cada = 960 rolos (dado de campo)

Total UNIP= $960 \times 1,15 \text{ kg} = 1.104 \text{ kg} = 1.104.000 \text{ g}$

Alunos da Engenharia: 50,76%

Total Engenharia = $50,76\% \times 1.104.000 \text{ g} = \mathbf{560.390,4 \text{ g}}$

Total de papel (toalha e higiênico) usado pela Engenharia = **1.729.900,8 g**

Plástico

Copos de água

Massa de cada pacote com 100 copos = 188,60 g (dado de campo)

Quantidade = 276 caixas por ano com 30 pacotes cada = 8.280 pacotes (dado de campo)

Total UNIP= $8.280 \times 188,60 \text{ g} = 1.561.608 \text{ g}$

Alunos da Engenharia: 50,76%

Total Engenharia = $50,76\% \times 1.561.608 \text{ g} = \mathbf{792.672,22 \text{ g}}$

Copos de café

Massa de cada pacote com 100 copos = 76,50 g (dado de campo)

Quantidade = 48 caixas por ano com 50 pacotes cada = 2.400 pacotes (dado de campo)

Total UNIP= $2.400 \times 76,50 \text{ g} = 183.600 \text{ g}$

Alunos da Engenharia: 50,76%

Total Engenharia = $50,76\% \times 183.600 \text{ g} = \mathbf{93.195,36 \text{ g}}$

Total de copos plásticos usados pela Engenharia = **885.867,58 g**

Anexo B.5 – Livros (quantidade que entra todo ano)

Energia de cada livro = $3,82 \times 10^3 \text{ J}$ (Anexo A.11).

Considerando entrada de 500 livros por ano para os cursos de Engenharia

Energia (livros da Engenharia) = $500 \text{ livros} \times 3,82 \times 10^3 \text{ J} = 1,91 \times 10^6 \text{ J}$

Total livros (entram todo ano) = **1,91 x 10⁶ J**

Anexo C - Engenharia

Memorial de cálculo dos insumos referentes a informação necessária para formar um Engenheiro

Anexo C.1 – Professores (UNIP)

Cálculo da energia dos professores da UNIP

Total (Engenharia) = 91 professores

Horas totais de aulas (para os 5 anos) 953 aulas semanais.

953 / 91 professores = 10,47 aulas semanais (cada professor)

10,47 / 5 dias na semana = 2,09 aulas / dia (cada professor)

Cada aula 50 minutos = 1,745 hora / dia (cada professor – média) + 1/6 de hora atividade = 2,04 hora / dia

Considerando 205 dias letivos (ano)

Professores:

$91 \times 120 \text{ kcal/h} \times 4.186 \text{ J/kcal} \times 2,04 \text{ h/dia} \times 205 \text{ dias/ano} = 1,91 \times 10^{10} \text{ J/ano.}$

Energia da Informação do professor para o aluno = 1% (Odum, 1999b)

Total da energia dos professores de Engenharia da UNIP = $0,01 \times 1,91 \times 10^{10} \text{ J/ano} = 1,91 \times 10^8 \text{ J/ano.}$

Cálculo da energia dos professores nas aulas práticas (UNIP)

Total (Engenharia/Laboratório) = 39 professores

Horas totais de aulas (para os 5 anos de curso) 404 aulas semanais.

404 / 39 professores = 10,36 aulas semanais (cada professor)

10,36 / 5 dias na semana = 2,07 aulas / dia (cada professor)

Cada aula 50 minutos = 1,725 hora / dia (cada professor – média) + 1/6 de hora atividade = 2,01 hora / dia

Considerando 205 dias letivos (ano)

Professores:

$39 \times 120 \text{ kcal/h} \times 4.186 \text{ J/kcal} \times 2,01 \text{ h/dia} \times 205 \text{ dias/ano} = 8,07 \times 10^9 \text{ J/ano.}$

Energia da Informação do professor para o aluno = 1% (Odum, 1999b)

Total da energia dos professores de Engenharia da UNIP nas aulas de laboratório = $0,01 \times 8,07 \times 10^9 \text{ J/ano} = 8,07 \times 10^7 \text{ J/ano.}$

Cálculo da transformidade da informação dos professores

Média das horas trabalhadas pelos professores Universitários do Brasil

Tempo de aulas diárias: 6 aulas de 50 minutos

Total de 5h/ dia (cada professor)

Quantidade de professores do Ensino Superior = 305.960 professores (Sinaes/INEP, 2005).

$305.960 \times 120 \text{ kcal/h} \times 4.186 \text{ J/kcal} \times 5 \text{ h/dia} \times 205 \text{ dias/ano} = 1,57 \times 10^{14} \text{ J/ano (energia).}$

Energia do Brasil = $2,77 \times 10^{24} \text{ sej/ano}$ (Coelho et al., 2002)

Transformidade dos professores = Energia do Brasil / Energia dos professores do Brasil

Transformidade = $2,77 \times 10^{24} \text{ J/ano} / 1,57 \times 10^{14} \text{ J/ano} = 1,76 \times 10^{10} \text{ sej/J}$

Transformidade = $1,76 \times 10^{10} \text{ sej/J}$

Anexo C.2 – Livros

Cálculo da energia dos livros

Total livros da Engenharia (biblioteca) = $7,64 \times 10^7 \text{ J}$ (Anexo A.11)

Total livros (entram todo ano) = $1,91 \times 10^6 \text{ J}$ (Anexo B.5)

Total Engenharia = $7,64 \times 10^7 \text{ J} + 1,91 \times 10^6 \text{ J} = 7,83 \times 10^7 \text{ J}$

Energia da Informação dos livros para o aluno = 1% (Odum, 1999b)

Total (Informação dos livros) = $0,01 \times 7,83 \times 10^7 \text{ J} = 7,83 \times 10^5 \text{ J}$

Cálculo da transformidade da informação dos livros

Transformidade = $2,045 \times 10^9$ sej/J (Odum, 1996) $\times 1,68 = 3,45 \times 10^9$ sej/J

Transformidade (informação dos livros) = $3,45 \times 10^9$ sej/J

Anexo C.3 – Alunos

Total Engenharia (5 anos) = 2770 alunos

1° ano: 1030 alunos – Desistentes: 280 alunos

2° ano: 750 alunos – Desistentes: 260 alunos

3° ano: 490 alunos – Desistentes: 240 alunos

4° ano: 250 alunos

5° ano: 250 alunos

Tempo de aulas diárias: 4 aulas de 50 minutos

Total de 3,33 h/ dia (cada aluno)

Cálculo da energia dos alunos que entram na UNIP

1030×120 kcal/ h $\times 4.186$ J/ kcal $\times 3,33$ h/ dia $\times 205$ dias/ ano = $3,53 \times 10^{11}$ J/ ano.

Energia da Informação que o aluno traz do Ensino Médio = 10% (Meillaud, 2005)

Total da energia dos alunos = $0,1 \times 3,53 \times 10^{11}$ J/ ano = $3,53 \times 10^{10}$ J/ ano.

Cálculo da transformidade da informação dos alunos que terminaram o Ensino Médio

Tempo de aulas diárias: 6 aulas de 50 minutos

Total de 5h/ dia (cada aluno)

Alunos que terminaram o Ensino Médio = 6.535.898 alunos (Sinopse Estatística da Educação Básica, INEP, 2004)

$6.535.898 \times 120$ kcal/ h $\times 4.186$ J/ kcal $\times 5$ h/ dia $\times 205$ dias/ ano = $3,36 \times 10^{15}$ J/ ano (energia).

Energia do Brasil = $2,77 \times 10^{24}$ sej/ ano (Coelho et al., 2002)

Transformidade dos alunos que terminaram o EM = Energia do Brasil / Energia dos alunos

Transformidade = $2,77 \times 10^{24}$ J/ ano / $3,36 \times 10^{15}$ J/ ano = $8,2 \times 10^8$ sej/J

Transformidade = $8,2 \times 10^8$ sej/J

Anexo C.4 – Alunos desistentes

Cálculo da energia dos alunos desistentes

- Alunos desistentes 1 (só fizeram o 1° ano):

280×120 kcal/ h $\times 4.186$ J/ kcal $\times 3,33$ h/ dia $\times 205$ dias/ ano = $9,6 \times 10^{10}$ J/ ano.

Energia da Informação que o aluno desistente leva = 10% (Meillaud, 2005)

Energia da Informação que os desistentes 1 levam = $0,1 \times 9,6 \times 10^{10}$ J/ ano = $9,6 \times 10^9$ J/ ano

- Alunos desistentes 2 (só fizeram até o 2° ano):

260×120 kcal/h $\times 4.186$ J/kcal $\times 3,33$ h/dia $\times 205$ dias/ano = $8,9 \times 10^{10}$ J/ano.

Energia da Informação que os desistentes 2 levam = $0,1 \times 8,9 \times 10^{10}$ J/ ano = $8,9 \times 10^9$ J/ ano

- Alunos desistentes 3 (só fizeram até o 3° ano):

240×120 kcal/h $\times 4.186$ J/kcal $\times 3,33$ h/dia $\times 205$ dias/ano = $8,23 \times 10^{10}$ J/ano.

Energia da Informação que os desistentes 3 levam = $0,1 \times 8,23 \times 10^{10}$ J/ ano = $8,23 \times 10^9$ J/ ano

- Engenheiros (alunos que terminaram o curso):

250×120 kcal/h $\times 4.186$ J/kcal $\times 3,33$ h/ dia $\times 205$ dias/ ano = $8,57 \times 10^{10}$ J/ ano.

Energia da Informação que o engenheiro leva = 10% (Meillaud, 2005)

Energia da Informação que o engenheiro leva = $0,1 \times 8,57 \times 10^{10}$ J/ ano = $8,57 \times 10^9$ J/ ano

Cálculo da energia dos alunos desistentes

- Alunos desistentes 1 (só fizeram o 1° ano):

$2,89 \times 10^{19}$ sej (energia da informação prévia do aluno) + $1,65 \times 10^{18}$ sej (energia da infraestrutura utilizada durante um ano) + $3,36 \times 10^{18}$ sej (energia da informação do professor durante um ano = $1,68 \times 10^{19} / 5$) + $2,7 \times 10^{15}$ sej (energia da informação obtida dos livros durante um ano = $1,35 \times 10^{16} / 5$) = $3,39 \times 10^{19}$ sej.

- Alunos desistentes 2 (só fizeram até o 2º ano):

$2,89 \times 10^{19}$ sej (energia da informação prévia do aluno) + $3,3 \times 10^{18}$ sej (energia da infraestrutura utilizada durante dois anos = $2 \times 1,65 \times 10^{18}$ sej) + $6,72 \times 10^{18}$ sej (energia da informação do professor durante dois anos = $2 \times 3,36 \times 10^{18}$ sej) + $5,4 \times 10^{15}$ sej (energia da informação obtida dos livros durante dois anos = $2 \times 2,7 \times 10^{15}$ sej) = $3,89 \times 10^{19}$ sej.

- Alunos desistentes 3 (só fizeram até o 3º ano):

$2,89 \times 10^{19}$ sej (energia da informação prévia do aluno) + $4,95 \times 10^{18}$ sej (energia da infraestrutura utilizada durante três anos = $3 \times 1,65 \times 10^{18}$ sej) + $1,008 \times 10^{19}$ sej (energia da informação do professor durante três anos = $3 \times 3,36 \times 10^{18}$ sej) + $8,1 \times 10^{15}$ sej (energia da informação obtida dos livros durante três anos = $3 \times 2,7 \times 10^{15}$ sej) = $4,39 \times 10^{19}$ sej.

As transformidades foram obtidas dividindo-se a energia pela energia de cada desistente.

- Engenheiros:

$2,89 \times 10^{19}$ sej (energia da informação prévia do aluno) + $8,25 \times 10^{18}$ sej (energia da infraestrutura utilizada durante cinco anos = $5 \times 1,65 \times 10^{18}$ sej) + $1,68 \times 10^{19}$ sej (energia da informação do professor durante cinco anos = $5 \times 3,36 \times 10^{18}$ sej) + $1,35 \times 10^{16}$ sej (energia da informação obtida dos livros durante cinco anos = $5 \times 2,7 \times 10^{15}$ sej) = $5,4 \times 10^{19}$ sej (Energia total dos Engenheiros = soma da tabela).

Anexo C.5 – Sem desistentes

Total Engenharia (entrada) = 1030 alunos

Tempo de aulas diárias: 4 aulas de 50 minutos

Total de 3,33 h/ dia (cada aluno)

Cálculo da energia dos engenheiros sem desistentes (formandos)

- Engenheiros (alunos que terminaram o curso):

$1030 \times 120 \text{ kcal/h} \times 4.186 \text{ J/kcal} \times 3,33\text{h/ dia} \times 205 \text{ dias/ ano} = 3,53 \times 10^{11} \text{ J/ ano.}$

Energia da Informação que o engenheiro leva = 10% (Meillaud, 2005)

Energia da Informação que o engenheiro leva = $0,1 \times 3,53 \times 10^{11} \text{ J/ ano} = 3,53 \times 10^9 \text{ J/ ano}$

Anexo D - Engenharia

Memorial de cálculo dos indicadores deste estudo.

Anexo D.1 – Energia do curso por aluno considerando aulas práticas com transformidade maior que as aulas teóricas

Energia do curso = $6,11 \times 10^{18}$ sej

Total de alunos de Engenharia = 2.770

Energia do curso por aluno é equivalente a **$2,20 \times 10^{16}$ sej/ aluno. ano**

Anexo D.2 – Energia da informação recebida por aluno considerando aulas práticas com transformidade maior que as aulas teóricas (durante o curso)

Energia da informação recebida = $9,70 \times 10^{18}$ sej (aulas teóricas) + $1,42 \times 10^{19}$ sej (aulas práticas) + $1,35 \times 10^{16}$ sej (livros) = $2,39 \times 10^{19}$ sej

Total de alunos de Engenharia = 2.770

Energia da informação recebida por aluno é equivalente a **$8,63 \times 10^{15}$ sej/ aluno. ano**

Anexo D.3 – Energia da informação de laboratório recebida por aluno

Energia da informação prática recebida = $1,42 \times 10^{19}$ sej

Total de alunos de Engenharia = 2.770

Energia da informação de laboratório recebida por aluno é equivalente a **$5,13 \times 10^{15}$ sej/ aluno. curso**

Anexo E - Farmácia

Memorial de cálculo dos insumos referentes a implantação do edifício usado pelo curso de Farmácia da UNIP

Anexo E.1 – Concreto, aço e cerâmica utilizados na construção do prédio

Concreto (considerando 1 andar para salas de aula e laboratórios)

Pilares

$$36 \times 0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 3,2 \text{ m} = 28,8 \text{ m}^3$$

Vigas

$$9 \times 70 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ andar} = 157,5 \text{ m}^3$$

$$8 \times 73 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ andar} = 146 \text{ m}^3$$

$$\text{Total (vigas e pilares)} = 332,3 \text{ m}^3$$

Contrapiso

$$70 \text{ m} \times 73 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 1 = 766,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Total: } 331,8 \text{ m}^3 + 766,5 \text{ m}^3 = 1.098,3 \text{ m}^3$$

Densidade do concreto armado = 2.500 Kg/m³

$$\text{Massa total: } 2.500 \text{ kg/m}^3 \times 1.098,3 \text{ m}^3 = 2,745 \times 10^6 \text{ kg} = 2,745 \times 10^9 \text{ g}$$

Considerando 97% de concreto e 3% de aço

$$\text{Massa do concreto: } 2,745 \times 10^9 \text{ g} \times 0,97 = 2,66 \times 10^9 \text{ g} / 25 \text{ anos (depreciação)} = \mathbf{1,06 \times 10^8 \text{ g}}$$

Paredes (um único andar)

$$73 \text{ m} \times 3,20 \text{ m (altura)} \times 6 = 1.401,6 \text{ m}^2$$

$$70 \text{ m} \times 3,20 \text{ m (altura)} \times 2 = 448 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total} = 1.849,6 \text{ m}^2$$

$$\text{Tijolos: } 1.849,6 \text{ m}^2 \text{ de bloco} / 0,08 \text{ m}^2 = 23.120 \text{ blocos}$$

$$\text{Total: } 23.120 \text{ blocos} \times 9.746 \text{ g (cada bloco)} = 2,25 \times 10^8 \text{ g} / 25 \text{ anos (depreciação)} = 9 \times 10^6 \text{ g/ano} \times 0,7 \text{ (descontando as janelas)} = 6,3 \times 10^6 \text{ g/ano}$$

$$\text{Total: } 1,06 \times 10^8 \text{ g} + 6,3 \times 10^6 \text{ g} = \mathbf{1,12 \times 10^8 \text{ g}}$$

$$\text{Total de concreto} = \mathbf{1,12 \times 10^8 \text{ g}}$$

Aço

- Contrapiso, pilares e vigas

$$\text{Massa total: } 2,745 \times 10^9 \text{ g}$$

Considerando 97% de concreto e 3% de aço

$$\text{Massa do aço: } 2,745 \times 10^9 \text{ g} \times 0,03 = 8,2 \times 10^7 \text{ g} / 25 \text{ anos (depreciação)} = \mathbf{3,28 \times 10^6 \text{ g}}$$

- Materiais de laboratório / Máquinas

$$\text{Massa total: } 0,8 \times 10^6 \text{ g} / 10 \text{ anos (depreciação)} = \mathbf{0,8 \times 10^5 \text{ g}}$$

$$\text{Total: } 3,28 \times 10^6 \text{ g} + 0,8 \times 10^5 \text{ g} = \mathbf{3,36 \times 10^6 \text{ g}}$$

$$\text{Total de aço} = \mathbf{3,36 \times 10^6 \text{ g}}$$

Cerâmica

Banheiros

Vasos sanitários = 12 unidades

Massa de cada = 30 kg

$$\text{Total: } 12 \times 30 \text{ kg} = 360 \text{ kg} = \mathbf{360.000 \text{ g}}$$

Piso

1 andar

Espessura = 0,01m

$$70 \text{ m} \times 73 \text{ m} \times 0,01 \text{ m} = 51,1 \text{ m}^3 \text{ (cada andar)} \times 1 \text{ andar} = 51,1 \text{ m}^3$$

Densidade: 3.260 kg/ m³

$$\text{Massa} = 51,1 \text{ m}^3 \times 3.260 \text{ kg/m}^3 = 166.586 \text{ kg} = \mathbf{166.586.000 \text{ g}}$$

Total: $360.000 \text{ g} + 166.586.000 \text{ g} = 166.946.000 \text{ g} = 1,67 \times 10^8 \text{ g} / 25 \text{ anos (depreciação)} = \mathbf{6,68 \times 10^6 \text{ g}}$
Total de cerâmica = $\mathbf{6,68 \times 10^6 \text{ g}}$

Anexo E.2 – Salas de aula (usadas pelo Curso de Farmácia)

Madeira

- Carteiras:

Massa = 1,4 kg = 1400 g de madeira por cadeira (balança)

Quantidade = 220 carteiras (dado de campo)

Total = $220 \times 1.400 \text{ g} = \mathbf{308.000 \text{ g}}$

- Apagador:

Massa = 163 g (balança)

Quantidade = 5 apagadores (dado de campo)

Total: $5 \times 163 \text{ g} = \mathbf{815 \text{ g}}$

- Lousas:

Medidas: $6,04 \text{ m} \times 1,15 \text{ m} \times 0,02 \text{ m} = 0,13892 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Volume (cada lousa): $0,13892 \text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,13892 \text{ m}^3 = 73,21 \text{ kg}$ de madeira cada lousa

Quantidade de lousas: 5

Total = $5 \times 73,21 \text{ kg} = 366,05 \text{ kg} = \mathbf{366.050 \text{ g}}$

- Portas:

Medidas: Porta (toda): $87 \text{ cm} \times 207 \text{ cm} \times 3,5 \text{ cm} = 63.031,5 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Parte de vidro: $14 \text{ cm} \times 77 \text{ cm} \times 3,5 \text{ cm} = 3773 \text{ cm}^3$

Volume (cada porta): $63.031,5 \text{ cm}^3 - 3773 \text{ cm}^3 = 59.258,5 \text{ cm}^3 = 0,0592585 \text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,0592585 \text{ m}^3 = 31,23 \text{ kg}$ de madeira cada porta

Quantidade de portas: 5

Total = $5 \times 31,23 \text{ kg} = 156,15 \text{ kg} = \mathbf{156.150 \text{ g}}$

- Mesas professor:

Massa = 5,44kg = 5.440g de madeira (balança)

Quantidade = 5 (dado de campo)

Total = $5 \times 5.440 \text{ g} = \mathbf{27.200 \text{ g}}$

- Tablados:

Medidas: Parte superior: $631 \text{ cm} \times 112 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} = 141.344 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Frente $631 \text{ cm} \times 30,5 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} = 38.491 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Laterais (2): $112 \text{ cm} \times 30,5 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} = 6832 \text{ cm}^3$ cada $\times 2 = 13.664 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Volume = $141.344 \text{ cm}^3 + 38.491 \text{ cm}^3 + 13.664 \text{ cm}^3 = 193.499 \text{ cm}^3 = 0,1935 \text{ m}^3$ (cada tablado)

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,1935 \text{ m}^3 = 101,97 \text{ kg}$ de madeira cada tablado

Quantidade de tablados: 5

Total = $5 \times 101,97 \text{ kg} = 509,85 \text{ kg} = \mathbf{509.850 \text{ g}}$

Total madeira = $\mathbf{1.368.065 \text{ g}}$

Ferro

- Carteiras:

Massa = 6,1 kg = 6.100 g de ferro por carteira (balança)

Quantidade = 220 carteiras (dado de campo)

Total = $220 \times 6.100 \text{ g} = \mathbf{1.342.000 \text{ g}}$

- Lousas:

Medidas: $622 \text{ cm} \times 9 \text{ cm} \times 0,2 \text{ cm} = 1.119,6 \text{ cm}^3 \times 2 = 2.239,2 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

133 cm x 9 cm x 0,2 cm = 239,4 cm³ x 2 = 478,8 cm³ (dado de campo)
Volume (cada lousa) = 2.718 cm³
Densidade (Fe) = 7.870 kg/m³ = 7,870 g/cm³ (<http://www.hypertextbook.com/physics/matter/density/>)
Massa = d x V = 7,870 g/cm³ x 2.718 cm³ = 21.390,66 g (cada lousa)
Quantidade de lousas: 5

Total: 5 x 21.390,66g = **106.953 g**

• Mesas professor:

Massa = 10,08 kg = 10.080 g de ferro (balança)

Quantidade = 5 (dado de campo)

Total = 5 x 10.080g = **50.400 g**

• Luminárias:

Massa = 4.950 g cada luminária (balança)

Quantidade = 42 luminárias (dado de campo)

Total = 42 x 4.950 g = **207.900 g**

Total ferro = 1.707.253 g

Plástico

• Carteiras:

Massa (ferro + plástico) = 8 kg = 8000 g (balança)

Massa (ferro) = 6.1 kg = 6.100 g (balança)

Massa (plástico) = 8000 – 6.100 = 1.900 g de plástico por cadeira

Quantidade = 220 carteiras (dado de campo)

Total = 220 x 1,9 kg = 418 kg = **418.000 g**

• Cestos de lixo:

Massa cada = 688,76g

Quantidade = 5

Total = 5 x 688,76g = **3.444 g**

Total plástico = 421.444 g

Vidro

• Vidros das janelas:

- Sala 420

Medidas: Vidros grandes: 50 cm x 83 cm x 0,5 cm = 2.075 cm³ (dado de campo)

Vidros pequenos: 50 cm x 43 cm x 0,5 cm = 1.075 cm³ (dado de campo)

Densidade (vidro) = 2,579 g/cm³ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa (vidro grande) = d x V = 2,579 g/cm³ x 2.075 cm³ = 5.351,42 g (cada vidro grande)

Massa (vidro pequeno) = d x V = 2,579 g/cm³ x 1.075 cm³ = 2.772,42 g (cada vidro pequeno)

Quantidade de vidros: 8 grandes e 8 pequenos

Total: 8 x 5.351,42 g + 8 x 2.772,42 g = **64.990,7 g**

- Outras salas

Medidas: Vidros grandes: 87 cm x 79 cm x 0,5 cm = 3.436,5 cm³ (dado de campo)

Vidros pequenos: 44 cm x 79 cm x 0,5 cm = 1.738 cm³ (dado de campo)

Densidade (vidro) = 2,579 g/cm³ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa (vidro grande) = d x V = 2,579 g/cm³ x 3.436,5 cm³ = 8.862,73 g (cada vidro grande)

Massa (vidro pequeno) = d x V = 2,579 g/cm³ x 1.738 cm³ = 4.482,3 g (cada vidro pequeno)

Quantidade de vidros: 32 grandes e 32 pequenos

Total: 32 x 8.862,73g + 32 x 4.482,3g = **427.041 g**

Total de vidro das janelas: **492.031,7 g**

• Vidros das portas:

Medidas: 14 cm x 77 cm x 0,3 cm = 323,4 cm³ (dado de campo)

Densidade = 2,579 g/cm³ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 323,4 \text{ cm}^3 = 834,05 \text{ g}$ (cada porta)

Quantidade: 5 portas

Total de vidro das portas: $5 \times 834,05 \text{ g} = \mathbf{4.170,25 \text{ g}}$

Total de vidro (portas e janelas) = **496.202g**

• Lâmpadas das luminárias:

Massa = 100 g cada lâmpada (balança)

Quantidade = 84 lâmpadas (dado de campo)

Total = $84 \times 100 \text{ g} = 8.400 \text{ g}$

Total de vidro (lâmpadas) = **8.400 g**

Ventiladores = 10 unidades

Anexo E.3 – Laboratório Multidisciplinar (usado pelo Curso de Farmácia)

Madeira

• Banquetas

Massa = 5,377 kg = 5.377 g (balança)

Quantidade = 38 (dado de campo)

Total = $38 \times 5.377 \text{ g} = \mathbf{204.326 \text{ g}}$

• Lousa branca:

Medidas: $3,025 \text{ m} \times 1,11 \text{ m} \times 0,025 \text{ m} = 0,08394 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Volume = $0,08394 \text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,08394 \text{ m}^3 = 44,236 \text{ kg} = 44.236 \text{ g}$

Quantidade: 1

Total = $1 \times 44.236 \text{ g} = \mathbf{44.236 \text{ g}}$

• Porta:

Medidas: Porta (toda): $87 \text{ cm} \times 207 \text{ cm} \times 3,5 \text{ cm} = 63.031,5 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Parte de vidro: $14 \text{ cm} \times 77 \text{ cm} \times 3,5 \text{ cm} = 3773 \text{ cm}^3$

Volume: $63.031,5 \text{ cm}^3 - 3773 \text{ cm}^3 = 59.258,5 \text{ cm}^3 = 0,0592585 \text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,0592585 \text{ m}^3 = 31,23 \text{ kg} = 31.230 \text{ g}$

Quantidade: 1

Total = $1 \times 31.230 \text{ g} = \mathbf{31.230 \text{ g}}$

• Mesa professor:

Massa = 5.440 g de madeira (balança)

Quantidade = 1

Total = $1 \times 5.440 \text{ g} = \mathbf{5.440 \text{ g}}$

• Mesas grandes:

Medidas: Parte superior: $149,8 \text{ cm} \times 72,5 \text{ cm} \times 4,3 \text{ cm} = 46.700,15 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Apoio maior (2): $118 \text{ cm} \times 11 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} = 3.894 \text{ cm}^3$ cada $\times 2 = 7.788 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Apoio menor (2): $57 \text{ cm} \times 11 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} = 1.881 \text{ cm}^3$ cada $\times 2 = 3.762 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Pés (4): $89,4 \text{ cm} \times 9,5 \text{ cm} \times 6,2 \text{ cm} = 5.265,66 \text{ cm}^3$ cada $\times 4 = 21.062,64 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Apoio baixo (1): $127 \text{ cm} \times 4,2 \text{ cm} \times 4,2 \text{ cm} = 2.240,28 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Apoio baixo (2): $57 \text{ cm} \times 3,5 \text{ cm} \times 3,5 \text{ cm} = 698,25 \text{ cm}^3$ cada $\times 2 = 1.396,5 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Volume (mesa toda) = $46.700,15 \text{ cm}^3 + 7.788 \text{ cm}^3 + 3.762 \text{ cm}^3 + 21.062,64 \text{ cm}^3 + 2.240,28 \text{ cm}^3 + 1.396,5 \text{ cm}^3 = 82.949,57 \text{ cm}^3 = 0,083 \text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,083 \text{ m}^3 = 43,74 \text{ kg}$ cada mesa

Quantidade: 3 mesas

Total = $3 \times 43,74 \text{ kg} = 131,22 \text{ kg} = \mathbf{131.220 \text{ g}}$

- Armários (bancadas / pias):

Medidas: Frente e fundo (2): $7,50 \text{ m} \times 0,82 \text{ m} \times 0,016 \text{ m} = 0,098 \text{ m}^3$ cada $\times 2 = 0,196 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Laterais e meio (7): $0,50 \text{ m} \times 0,82 \text{ m} \times 0,016 \text{ m} = 0,00656 \text{ m}^3$ cada $\times 7 = 0,0459 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Volume (cada armário) = $0,196 \text{ m}^3 + 0,0459 \text{ m}^3 = 0,242 \text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,242 \text{ m}^3 = 127,53 \text{ kg}$ cada armário

Quantidade: 3

Total = $3 \times 127,53 \text{ kg} = 382,59 \text{ kg} = \mathbf{382.590 \text{ g}}$

Armários:

Medidas: Frente e fundo (2): $2,20 \text{ m} \times 1,53 \text{ m} \times 0,016 \text{ m} = 0,05382 \text{ m}^3$ cada $\times 2 = 0,1077 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Laterais (2): $0,33 \text{ m} \times 1,53 \text{ m} \times 0,016 \text{ m} = 0,008078 \text{ m}^3$ cada $\times 2 = 0,01616 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Superior e inferior (2): $0,33 \text{ m} \times 2,20 \text{ m} \times 0,016 \text{ m} = 0,0116 \text{ m}^3$ cada $\times 2 = 0,0232 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Volume (cada armário) = $0,1077 \text{ m}^3 + 0,01616 \text{ m}^3 + 0,0232 \text{ m}^3 = 0,147 \text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,147 \text{ m}^3 = 77,47 \text{ kg}$ cada armário

Quantidade: 4

Total = $4 \times 77,47 \text{ kg} = 309,88 \text{ kg} = \mathbf{309.880 \text{ g}}$

Total madeira = **1.108.922 g**

Granito

- Bancadas:

Medidas: $7,54 \text{ m} \times 1,14 \text{ m} \times 0,03 \text{ m} = 0,258 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Friso grande (2): $7,54 \text{ m} \times 0,03 \text{ m} \times 0,02 \text{ m} = 0,00452 \text{ m}^3$ cada $\times 2 = 0,00904 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Friso pequeno (2): $1,14 \text{ m} \times 0,03 \text{ m} \times 0,02 \text{ m} = 0,000684 \text{ m}^3$ cada $\times 2 = 0,001368 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Volume = $0,258 \text{ m}^3 + 0,00904 \text{ m}^3 + 0,001368 \text{ m}^3 = 0,268 \text{ m}^3$

Densidade (granito) = 2.691 kg/m^3 (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa = $d \times V = 2.691 \text{ kg/m}^3 \times 0,268 \text{ m}^3 = 721,2 \text{ kg}$ (cada bancada)

Quantidade: 3 bancadas

Total: $3 \times 721,2 \text{ kg} = 2.163,6 \text{ kg} = \mathbf{2.163.600 \text{ g}}$

- Mesas:

Medidas: Parte superior: $2 \text{ m} \times 0,74 \text{ m} \times 0,02 \text{ m} = 0,0296 \text{ m}^3$

Volume (cada mesa) = $0,0296 \text{ m}^3$

Densidade (granito): 2.691 kg/m^3 (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa = $d \times V = 2.691 \text{ kg/m}^3 \times 0,0296 \text{ m}^3 = 79,65 \text{ kg}$ cada mesa

Quantidade = 4 (dado de campo)

Total = $4 \times 79,65 \text{ kg} = 318,6 \text{ kg} = 318.600 \text{ g}$

Total de granito = **2.482.200 g**

Ferro

- Mesas:

Medidas: Pés (4): $78 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 0,2 \text{ cm} = 156 \text{ cm}^3$ cada $\times 4 = 624 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Apoio maior (2): $187 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 0,2 \text{ cm} = 374 \text{ cm}^3$ cada $\times 2 = 748 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Apoio menor (2): $61,5 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 0,2 \text{ cm} = 123 \text{ cm}^3$ cada $\times 2 = 246 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Volume (cada mesa) = $624 \text{ cm}^3 + 748 \text{ cm}^3 + 246 \text{ cm}^3 = 1.618 \text{ cm}^3$

Densidade (Fe) = $7.870 \text{ kg/m}^3 = 7,870 \text{ g/cm}^3$ (<http://www.hypertextbook.com/physics/matter/density/>)

Massa = $d \times V = 7,870 \text{ g/cm}^3 \times 1.618 \text{ cm}^3 = 12.733,66 \text{ g}$ cada mesa

Quantidade = 4 (dado de campo)

Total = $4 \times 12.733,66 \text{ g} = \mathbf{50.935 \text{ g}}$

- Mesas professor:

Massa = $10,08 \text{ kg} = 10.080 \text{ g}$ de ferro (balança)

Quantidade = 1 (dado de campo)

Total = 1 x 10.080 g = **10.080 g**

- Materiais: foram obtidos na balança

Total = **56.630 g**

- Luminárias:

Massa = 4.950 g cada luminária (balança)

Quantidade = 9 luminárias (dado de campo)

Total = 9 x 4.950 g = **44.550 g**

Total ferro = **162.195 g**

Vidro

- Vidros das janelas:

Medidas: Vidros grandes: 87 cm x 79 cm x 0,5 cm = 3.436,5 cm³ (dado de campo)

Vidros pequenos: 44 cm x 79 cm x 0,5 cm = 1.738 cm³ (dado de campo)

Densidade (vidro) = 2,579 g/cm³ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa (vidro grande) = d x V = 2,579 g/cm³ x 3.436,5 cm³ = 8.862,73 g (cada vidro grande)

Massa (vidro pequeno) = d x V = 2,579 g/cm³ x 1.738 cm³ = 4.482,3 g (cada vidro pequeno)

Quantidade de vidros: 12 grandes e 12 pequenos

Total: 12 x 8.862,73 g + 12 x 4.482,3 g = **160.140 g**

- Vidro da porta:

Medidas: 14 cm x 77 cm x 0,3 cm = 323,4 cm³ (dado de campo)

Densidade = 2,579 g/cm³ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa = d x V = 2,579 g/cm³ x 323,4 cm³ = 834 g

Quantidade: 1 porta

Total: 1 x 834 g = **834 g**

Total de vidro = **160.974 g**

- Lâmpadas das luminárias:

Massa = 100 g cada lâmpada (balança)

Quantidade = 18 lâmpadas (dado de campo)

Total = 18 x 100 g = **1.800 g**

Total de vidro (lâmpadas das luminárias) = **1.800 g**

- Materiais (vidraria): foram obtidos na balança

Total: 318.250 g

Total de vidro (vidraria) = **318.250 g**

Plástico

- Materiais: foram obtidos na balança

Total = **16.680 g**

- Cesto de lixo (grande):

Massa cada = 3.249 g

Quantidade = 1

Total = 1 x 3.249 g = **3.249 g**

Total plástico = **19.929 g**

Ventiladores = 2 unidades

Anexo E.4 – Laboratórios de Química (usados pelo Curso de Farmácia)

Madeira

- Banquetas

Massa = 5,377 kg = 5.377 g (balança)

Quantidade = 80 (dado de campo)

Total = $80 \times 5.377 \text{ g} = 430.160 \text{ g}$

- Lousa branca:

Medidas: $3,025 \text{ m} \times 1,11 \text{ m} \times 0,025 \text{ m} = 0,08394 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Volume = $0,08394 \text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,08394 \text{ m}^3 = 44,236 \text{ kg} = 44.236 \text{ g}$

Quantidade: 2

Total = $2 \times 44.236 \text{ g} = 88.472 \text{ g}$

- Porta:

Medidas: Porta (toda): $87 \text{ cm} \times 207 \text{ cm} \times 3,5 \text{ cm} = 63.031,5 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Parte de vidro: $14 \text{ cm} \times 77 \text{ cm} \times 3,5 \text{ cm} = 3773 \text{ cm}^3$

Volume: $63.031,5 \text{ cm}^3 - 3773 \text{ cm}^3 = 59.258,5 \text{ cm}^3 = 0,0592585 \text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,0592585 \text{ m}^3 = 31,23 \text{ kg} = 31.230 \text{ g}$

Quantidade: 2

Total = $2 \times 31.230 \text{ g} = 64.460 \text{ g}$

- Mesas grandes:

Medidas: Parte superior: $149,8 \text{ cm} \times 72,5 \text{ cm} \times 4,3 \text{ cm} = 46.700,15 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Apoio maior (2): $118 \text{ cm} \times 11 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} = 3.894 \text{ cm}^3$ cada $\times 2 = 7.788 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Apoio menor (2): $57 \text{ cm} \times 11 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} = 1.881 \text{ cm}^3$ cada $\times 2 = 3.762 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Pés (4): $89,4 \text{ cm} \times 9,5 \text{ cm} \times 6,2 \text{ cm} = 5.265,66 \text{ cm}^3$ cada $\times 4 = 21.062,64 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Apoio baixo (1): $127 \text{ cm} \times 4,2 \text{ cm} \times 4,2 \text{ cm} = 2.240,28 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Apoio baixo (2): $57 \text{ cm} \times 3,5 \text{ cm} \times 3,5 \text{ cm} = 698,25 \text{ cm}^3$ cada $\times 2 = 1.396,5 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Volume (mesa toda) = $46.700,15 \text{ cm}^3 + 7.788 \text{ cm}^3 + 3.762 \text{ cm}^3 + 21.062,64 \text{ cm}^3 + 2.240,28 \text{ cm}^3 + 1.396,5 \text{ cm}^3 = 82.949,57 \text{ cm}^3 = 0,083 \text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,083 \text{ m}^3 = 43,74 \text{ kg}$ cada mesa

Quantidade: 9 mesas

Total = $9 \times 43,74 \text{ kg} = 393,66 \text{ kg} = 393.660 \text{ g}$

- Armários (bancadas):

Medidas: Frente e fundo (2): $3,13 \text{ m} \times 0,82 \text{ m} \times 0,016 \text{ m} = 0,041 \text{ m}^3$ cada $\times 2 = 0,082 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Laterais e meio (7): $0,455 \text{ m} \times 0,82 \text{ m} \times 0,016 \text{ m} = 0,00597 \text{ m}^3$ cada $\times 7 = 0,0418 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Volume (cada armário) = $0,082 \text{ m}^3 + 0,0418 \text{ m}^3 = 0,1238 \text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,1238 \text{ m}^3 = 65,24 \text{ kg}$ cada armário

Quantidade: 7

Total = $7 \times 65,24 \text{ kg} = 456,68 \text{ kg} = 456.680 \text{ g}$

- Armários (pias):

Medidas: Frente e fundo (2): $1,13 \text{ m} \times 0,82 \text{ m} \times 0,016 \text{ m} = 0,0148 \text{ m}^3$ cada $\times 2 = 0,0296 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Laterais (2): $0,49 \text{ m} \times 0,82 \text{ m} \times 0,016 \text{ m} = 0,0064 \text{ m}^3$ cada $\times 2 = 0,0128 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Volume (cada armário) = $0,0296 \text{ m}^3 + 0,0128 \text{ m}^3 = 0,0424 \text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,0424 \text{ m}^3 = 22,345 \text{ kg}$ cada armário

Quantidade: 7

Total = $7 \times 22,345 \text{ kg} = 156,415 \text{ kg} = 156.415 \text{ g}$

Total madeira = 1.589.847 g

Granito

- Bancadas:

Medidas: $3,19 \text{ m} \times 1,21 \text{ m} \times 0,03 \text{ m} = 0,1158 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Friso grande (2): $3,19 \text{ m} \times 0,03 \text{ m} \times 0,02 \text{ m} = 0,001914 \text{ m}^3$ cada $\times 2 = 0,003828 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Friso pequeno (2): $1,21 \text{ m} \times 0,03 \text{ m} \times 0,02 \text{ m} = 0,000726 \text{ m}^3$ cada $\times 2 = 0,001452 \text{ m}^3$ (dado de campo)
Volume = $0,1158 \text{ m}^3 + 0,003828 \text{ m}^3 + 0,001452 \text{ m}^3 = 0,121 \text{ m}^3$
Densidade (granito) = 2.691 kg/m^3 (simetric.co.uk/si_materials.htm)
Massa = $d \times V = 2.691 \text{ kg/m}^3 \times 0,121 \text{ m}^3 = 325,82 \text{ kg}$ (cada bancada)
Quantidade: 7 bancadas
Total: $7 \times 325,82 \text{ kg} = 2.280,74 \text{ kg} = \mathbf{2.280.740 \text{ g}}$
Total de granito = **2.280.740 g**

Ferro

- Materiais: foram obtidos na balança
Total = **35.650 g**
- Luminárias:
Massa = 4.950 g cada luminária (balança)
Quantidade = 20 luminárias (dado de campo)
Total = $20 \times 4.950 \text{ g} = \mathbf{99.000 \text{ g}}$
Total ferro = **134.650 g**

Vidro

- Vidros das janelas:
Medidas: Vidros grandes: $87 \text{ cm} \times 79 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} = 3.436,5 \text{ cm}^3$ (dado de campo)
Vidros pequenos: $44 \text{ cm} \times 79 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} = 1.738 \text{ cm}^3$ (dado de campo)
Densidade (vidro) = $2,579 \text{ g/cm}^3$ (simetric.co.uk/si_materials.htm)
Massa (vidro grande) = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 3.436,5 \text{ cm}^3 = 8.862,73 \text{ g}$ (cada vidro grande)
Massa (vidro pequeno) = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 1.738 \text{ cm}^3 = 4.482,3 \text{ g}$ (cada vidro pequeno)
Quantidade de vidros: 16 grandes e 16 pequenos
Total: $16 \times 8.862,73 \text{ g} + 16 \times 4.482,3 \text{ g} = \mathbf{213.520 \text{ g}}$
- Vidro da porta:
Medidas: $14 \text{ cm} \times 77 \text{ cm} \times 0,3 \text{ cm} = 323,4 \text{ cm}^3$ (dado de campo)
Densidade = $2,579 \text{ g/cm}^3$ (simetric.co.uk/si_materials.htm)
Massa = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 323,4 \text{ cm}^3 = 834,05 \text{ g}$
Quantidade: 2 portas
Total: $2 \times 834,05 \text{ g} = \mathbf{1.668 \text{ g}}$
Total de vidro = **215.188 g**
- Lâmpadas das luminárias:
Massa = 100 g cada lâmpada (balança)
Quantidade = 40 lâmpadas (dado de campo)
Total = $40 \times 100 \text{ g} = \mathbf{4.000 \text{ g}}$
Total de vidro (lâmpadas das luminárias) = **4.000 g**
- Materiais (vidraria): foram obtidos na balança
Total: 85.500 g
Total de vidro (vidraria) = **85.500 g**

Plástico

- Materiais: foram obtidos na balança
Total: 23.575 g
- Cesto de lixo (grande):
Massa cada = 3.249 g
Quantidade = 2
Total = $2 \times 3.249 \text{ g} = \mathbf{6.498 \text{ g}}$
Total plástico = **30.073 g**
Ventiladores = 4 unidades

Anexo E.5 – Laboratório de Farmacêutica e Cosmético (usado pelo Curso de Farmácia)

Madeira

- Banquetas

Massa = 5,377 kg = 5.377 g (balança)

Quantidade = 50 (dado de campo)

Total = 50 x 5.377 g = **268.850 g**

- Lousa branca:

Medidas: 3,025 m x 1,11 m x 0,025 m = 0,08394 m³ (dado de campo)

Volume = 0,08394 m³

Densidade (madeira): 527 kg/m³ (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = d x V = 527 kg/m³ x 0,08394 m³ = 44,236 kg = 44.236 g

Quantidade: 1

Total = 1 x 44.236 g = **44.236 g**

- Porta:

Medidas: Porta (toda): 87 cm x 207 cm x 3,5 cm = 63.031,5 cm³ (dado de campo)

Parte de vidro: 14 cm x 77 cm x 3,5 cm = 3773 cm³

Volume: 63.031,5 cm³ - 3773 cm³ = 59.258,5 cm³ = 0,0592585 m³

Densidade (madeira): 527 kg/m³ (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = d x V = 527 kg/m³ x 0,0592585 m³ = 31,23 kg = 31.230 g

Quantidade: 1

Total = 1 x 31.230 g = **31.230 g**

- Mesa professor:

Massa = 5.440 g de madeira (balança)

Quantidade = 1

Total = 1 x 5.440 g = **5.440 g**

- Mesas grandes:

Medidas: Parte superior: 149,8 cm x 72,5 cm x 4,3 cm = 46.700,15 cm³ (dado de campo)

Apoio maior (2): 118 cm x 11 cm x 3 cm = 3.894 cm³ cada x 2 = 7.788 cm³ (dado de campo)

Apoio menor (2): 57 cm x 11 cm x 3 cm = 1.881 cm³ cada x 2 = 3.762 cm³ (dado de campo)

Pés (4): 89,4 cm x 9,5 cm x 6,2 cm = 5.265,66 cm³ cada x 4 = 21.062,64 cm³ (dado de campo)

Apoio baixo (1): 127 cm x 4,2 cm x 4,2 cm = 2.240,28 cm³ (dado de campo)

Apoio baixo (2): 57 cm x 3,5 cm x 3,5 cm = 698,25 cm³ cada x 2 = 1.396,5 cm³ (dado de campo)

Volume (mesa toda) = 46.700,15 cm³ + 7.788 cm³ + 3.762 cm³ + 21.062,64 cm³ + 2.240,28 cm³ + 1.396,5 cm³ = 82.949,57 cm³ = 0,083 m³

Densidade (madeira): 527 kg/m³ (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = d x V = 527 kg/m³ x 0,083 m³ = 43,74 kg cada mesa

Quantidade: 5 mesas

Total = 5 x 43,74 kg = 218,7 kg = **218.700 g**

- Armários (bancadas / pias):

Medidas: Frente e fundo (2): 7,50 m x 0,82 m x 0,016 m = 0,098 m³ cada x 2 = 0,196 m³ (dado de campo)

Laterais e meio (7): 0,50 m x 0,82 m x 0,016 m = 0,00656 m³ cada x 7 = 0,0459 m³ (dado de campo)

Volume (cada armário) = 0,196 m³ + 0,0459 m³ = 0,242 m³

Densidade (madeira): 527 kg/m³ (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = d x V = 527 kg/m³ x 0,242 m³ = 127,53 kg cada armário

Quantidade: 3

Total = 3 x 127,53 kg = 382,59 kg = **382.590 g**

Armários:

Medidas: Frente e fundo (2): 2,20 m x 1,53 m x 0,016 m = 0,05382 m³ cada x 2 = 0,1077 m³ (dado de campo)

Laterais (2): 0,33 m x 1,53 m x 0,016 m = 0,008078 m³ cada x 2 = 0,01616 m³ (dado de campo)

Superior e inferior (2): $0,33 \text{ m} \times 2,20 \text{ m} \times 0,016 \text{ m} = 0,0116 \text{ m}^3$ cada $\times 2 = 0,0232 \text{ m}^3$ (dado de campo)
Volume (cada armário) = $0,1077 \text{ m}^3 + 0,01616 \text{ m}^3 + 0,0232 \text{ m}^3 = 0,147 \text{ m}^3$
Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)
Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,147 \text{ m}^3 = 77,47 \text{ kg}$ cada armário
Quantidade: 2
Total = $2 \times 77,47 \text{ kg} = 154,94 \text{ kg} = \mathbf{154.940 \text{ g}}$
Total madeira = **1.105.986 g**

Granito

- Bancadas:
Medidas: $7,54 \text{ m} \times 1,14 \text{ m} \times 0,03 \text{ m} = 0,258 \text{ m}^3$ (dado de campo)
Friso grande (2): $7,54 \text{ m} \times 0,03 \text{ m} \times 0,02 \text{ m} = 0,00452 \text{ m}^3$ cada $\times 2 = 0,00904 \text{ m}^3$ (dado de campo)
Friso pequeno (2): $1,14 \text{ m} \times 0,03 \text{ m} \times 0,02 \text{ m} = 0,000684 \text{ m}^3$ cada $\times 2 = 0,001368 \text{ m}^3$ (dado de campo)
Volume = $0,258 \text{ m}^3 + 0,00904 \text{ m}^3 + 0,001368 \text{ m}^3 = 0,268 \text{ m}^3$
Densidade (granito) = 2.691 kg/m^3 (simetric.co.uk/si_materials.htm)
Massa = $d \times V = 2.691 \text{ kg/m}^3 \times 0,268 \text{ m}^3 = 721,2 \text{ kg}$ (cada bancada)
Quantidade: 3 bancadas
Total: $3 \times 721,2 \text{ kg} = 2.163,6 \text{ kg} = \mathbf{2.163.600 \text{ g}}$
Total de granito = **2.163.600 g**

Ferro

- Mesas professor:
Massa = $10,08 \text{ kg} = 10.080 \text{ g}$ de ferro (balança)
Quantidade = 1 (dado de campo)
Total = $1 \times 10.080 \text{ g} = \mathbf{10.080 \text{ g}}$
- Materiais: foram obtidos na balança
Total = **154.300 g**
- Luminárias:
Massa = 4.950 g cada luminária (balança)
Quantidade = 8 luminárias (dado de campo)
Total = $8 \times 4.950 \text{ g} = \mathbf{39.600 \text{ g}}$
Total ferro = **203.980 g**

Vidro

- Vidros das janelas:
Medidas: Vidros grandes: $87 \text{ cm} \times 79 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} = 3.436,5 \text{ cm}^3$ (dado de campo)
Vidros pequenos: $44 \text{ cm} \times 79 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} = 1.738 \text{ cm}^3$ (dado de campo)
Densidade (vidro) = $2,579 \text{ g/cm}^3$ (simetric.co.uk/si_materials.htm)
Massa (vidro grande) = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 3.436,5 \text{ cm}^3 = 8.862,73 \text{ g}$ (cada vidro grande)
Massa (vidro pequeno) = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 1.738 \text{ cm}^3 = 4.482,3 \text{ g}$ (cada vidro pequeno)
Quantidade de vidros: 8 grandes e 8 pequenos
Total: $8 \times 8.862,73 \text{ g} + 8 \times 4.482,3 \text{ g} = \mathbf{106.760 \text{ g}}$
- Vidro da porta:
Medidas: $14 \text{ cm} \times 77 \text{ cm} \times 0,3 \text{ cm} = 323,4 \text{ cm}^3$ (dado de campo)
Densidade = $2,579 \text{ g/cm}^3$ (simetric.co.uk/si_materials.htm)
Massa = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 323,4 \text{ cm}^3 = 834,05 \text{ g}$
Quantidade: 1 porta
Total: $1 \times 834 \text{ g} = \mathbf{834 \text{ g}}$
Total de vidro = **107.594 g**
- Lâmpadas das luminárias:
Massa = 100 g cada lâmpada (balança)

Quantidade = 16 lâmpadas (dado de campo)

Total = 16 x 100 g = **1.600 g**

Total de vidro (lâmpadas das luminárias) = 1.600 g

- Materiais (vidraria): foram obtidos na balança

Total: 235.200 g

Total de vidro (vidraria) = 235.200 g

Plástico

- Materiais: foram obtidos na balança

Total: 12.600 g

- Cesto de lixo (grande):

Massa cada = 3.249 g

Quantidade = 1

Total = 1 x 3.249 g = **3.249 g**

Total plástico = 15.849 g

Ventiladores = 2 unidades

Microscópios = 12 unidades

Anexo E.6 – Laboratório de Análises Clínicas e Toxicológicas (usado pelo Curso de Farmácia)

Madeira

- Banquetas

Massa = 5,377 kg = 5.377 g (balança)

Quantidade = 75 (dado de campo)

Total = 75 x 5.377 g = **403.275 g**

- Lousa branca:

Medidas: 3,025 m x 1,11 m x 0,025 m = 0,08394 m³ (dado de campo)

Volume = 0,08394 m³

Densidade (madeira): 527 kg/m³ (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = d x V = 527 kg/m³ x 0,08394 m³ = 44,236 kg = 44.236 g

Quantidade: 1

Total = 1 x 44.236 g = **44.236 g**

- Porta:

Medidas: Porta (toda): 87 cm x 207 cm x 3,5 cm = 63.031,5 cm³ (dado de campo)

Parte de vidro: 14 cm x 77 cm x 3,5 cm = 3773 cm³

Volume: 63.031,5 cm³ - 3773 cm³ = 59.258,5 cm³ = 0,0592585 m³

Densidade (madeira): 527 kg/m³ (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = d x V = 527 kg/m³ x 0,0592585 m³ = 31,23 kg = 31.230 g

Quantidade: 1

Total = 1 x 31.230 g = **31.230 g**

- Mesa professor:

Massa = 5.440 g de madeira (balança)

Quantidade = 1

Total = 1 x 5.440 g = **5.440 g**

- Bancadas (mesas de madeira com armário embaixo):

Medidas (parte superior): 2,50 m x 1,10 m x 0,03 m = 0,0825 m³ (dado de campo)

Densidade (madeira): 527 kg/m³ (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = d x V = 527 kg/m³ x 0,0825 m³ = 43,48 kg (cada bancada)

Quantidade: 8 mesas

Total: 8 x 43,48 kg = 347,84 kg = **347.840 g**

- Bancadas (armários):

Medidas: Frente e fundo (2): $2,30 \text{ m} \times 0,90 \text{ m} \times 0,016 \text{ m} = 0,033 \text{ m}^3$ cada $\times 2 = 0,066 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Laterais (2): $0,95 \text{ m} \times 0,90 \text{ m} \times 0,016 \text{ m} = 0,014 \text{ m}^3$ cada $\times 2 = 0,028 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Inferior (1): $0,95 \text{ m} \times 2,30 \text{ m} \times 0,016 \text{ m} = 0,035 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Volume (cada armário) = $0,066 \text{ m}^3 + 0,028 \text{ m}^3 + 0,035 \text{ m}^3 = 0,129 \text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,129 \text{ m}^3 = 67,98 \text{ kg}$ cada armário

Quantidade: 8

Total = $8 \times 67,98 \text{ kg} = 543,84 \text{ kg} = \mathbf{543.840 \text{ g}}$

- Mesas (pé de ferro):

Medidas: Parte superior: $0,70 \text{ m} \times 1,10 \text{ m} \times 0,03 \text{ m} = 0,0231 \text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,0231 \text{ m}^3 = 12,17 \text{ kg}$ cada mesa

Quantidade = 9 (dado de campo)

Total = $9 \times 12,17 \text{ kg} = 109,53 \text{ kg} = \mathbf{109.530 \text{ g}}$

Total madeira = **1.485.391 g**

Granito

- Mesas:

Medidas: Parte superior: $2 \text{ m} \times 0,74 \text{ m} \times 0,02 \text{ m} = 0,0296 \text{ m}^3$

Volume (cada mesa) = $0,0296 \text{ m}^3$

Densidade (granito): 2.691 kg/m^3 (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa = $d \times V = 2.691 \text{ kg/m}^3 \times 0,0296 \text{ m}^3 = 79,65 \text{ kg}$ cada mesa

Quantidade = 3 (dado de campo)

Total = $3 \times 79,65 \text{ kg} = 238,95 \text{ kg} = 238.950 \text{ g}$

Total de granito = **238.950 g**

Ferro

- Mesas de granito (pé de ferro):

Medidas: Pés (4): $78 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 0,2 \text{ cm} = 156 \text{ cm}^3$ cada $\times 4 = 624 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Apoio maior (2): $187 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 0,2 \text{ cm} = 374 \text{ cm}^3$ cada $\times 2 = 748 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Apoio menor (2): $61,5 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 0,2 \text{ cm} = 123 \text{ cm}^3$ cada $\times 2 = 246 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Volume (cada mesa) = $624 \text{ cm}^3 + 748 \text{ cm}^3 + 246 \text{ cm}^3 = 1.618 \text{ cm}^3$

Densidade (Fe) = $7.870 \text{ kg/m}^3 = 7,870 \text{ g/cm}^3$ (<http://www.hypertextbook.com/physics/matter/density/>)

Massa = $d \times V = 7,870 \text{ g/cm}^3 \times 1.618 \text{ cm}^3 = 12.733,66 \text{ g}$ cada mesa

Quantidade = 3

Total = $3 \times 12.733,66 \text{ g} = \mathbf{38.201 \text{ g}}$

- Mesas de madeira (pé de ferro):

Medidas: Pés (4): $33 \text{ cm} \times 6 \text{ cm} \times 0,2 \text{ cm} = 39,6 \text{ cm}^3$ cada $\times 4 = 158,4 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Volume (cada mesa) = $158,4 \text{ cm}^3$

Densidade (Fe) = $7.870 \text{ kg/m}^3 = 7,870 \text{ g/cm}^3$ (<http://www.hypertextbook.com/physics/matter/density/>)

Massa = $d \times V = 7,870 \text{ g/cm}^3 \times 158,4 \text{ cm}^3 = 1.246,61 \text{ g}$ cada mesa

Quantidade = 9 (dado de campo)

Total = $9 \times 1.246,61 \text{ g} = \mathbf{11.219 \text{ g}}$

- Mesa professor:

Massa = $10,08 \text{ kg} = 10.080 \text{ g}$ de ferro (balança)

Quantidade = 1 (dado de campo)

Total = $1 \times 10.080 \text{ g} = \mathbf{10.080 \text{ g}}$

- Luminárias:

Massa = 4.950 g cada luminária (balança)

Quantidade = 14 luminárias (dado de campo)

Total = 14 x 4.950 g = **69.300 g**

Total ferro = 128.800 g

Vidro

- Vidros das janelas:

Medidas: Vidros grandes: 87 cm x 79 cm x 0,5 cm = 3.436,5 cm³ (dado de campo)

Vidros pequenos: 44 cm x 79 cm x 0,5 cm = 1.738 cm³ (dado de campo)

Densidade (vidro) = 2,579 g/cm³ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa (vidro grande) = d x V = 2,579 g/cm³ x 3.436,5 cm³ = 8.862,73 g (cada vidro grande)

Massa (vidro pequeno) = d x V = 2,579 g/cm³ x 1.738 cm³ = 4.482,3 g (cada vidro pequeno)

Quantidade de vidros: 8 grandes e 8 pequenos

Total: 8 x 8.862,73 g + 8 x 4.482,3 g = **106.760 g**

- Vidro da porta:

Medidas: 14 cm x 77 cm x 0,3 cm = 323,4 cm³ (dado de campo)

Densidade = 2,579 g/cm³ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa = d x V = 2,579 g/cm³ x 323,4 cm³ = 834 g

Quantidade: 1 porta

Total: 1 x 834 = **834 g**

Total de vidro = 107.594 g

- Lâmpadas das luminárias:

Massa = 100 g cada lâmpada (balança)

Quantidade = 28 lâmpadas (dado de campo)

Total = 28 x 100 g = **2.800 g**

Total de vidro (lâmpadas das luminárias) = 2.800 g

Plástico

- Cesto de lixo (grande):

Massa cada = 3.249 g

Quantidade = 2

Total = 2 x 3.249 g = **6.498 g**

Total plástico = 6.498 g

Microscópios = 30 unidades

Anexo E.7 – Corredor (usado pelo Curso de Farmácia)

Madeira

- Bancos:

Medidas:

- Quadrinhos: 6 cm x 6 cm x 3 cm = 108 cm³ (dado de campo)

Quantidade de quadrinhos (cada banco) : 57

Total: 57 x 108 cm³ = 6156 cm³

- Tiras (pequenas): 6 cm x 42 cm x 3 cm = 756 cm³ (dado de campo)

Quantidade de tiras (cada banco) : 20

Total: 20 x 756 cm³ = 15120 cm³

- Tiras (grandes): 238 cm x 6 cm x 3 cm = 4284 cm³ (dado de campo)

Quantidade de tiras (cada banco) : 2

Total: 2 x 4284 cm³ = 8564 cm³

- Apoio: Tiras (pequenas): 44,5 cm x 5 cm x 3 cm = 667,5 cm³ (dado de campo)

Quantidade de tiras (cada banco) : 6

Total: 6 x 667,5 cm³ = 4005 cm³

- Apoio: Tiras (grandes): $90 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} = 1350 \text{ cm}^3$ (dado de campo)
Quantidade de tiras (cada banco) : 8
Total: $8 \times 1350 \text{ cm}^3 = 10.800 \text{ cm}^3$
- Total (cada banco): $6156 + 15120 + 8564 + 10800 + 4005 = 44.649 \text{ cm}^3$
Volume (cada banco): $44.649 \text{ cm}^3 = 0,044649 \text{ m}^3$
Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)
Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,044649 \text{ m}^3 = 23,53 \text{ kg}$ de madeira cada banco
Quantidade de bancos: 8
Total = $8 \times 23,53 \text{ kg} = 188,24 \text{ kg} = \mathbf{188.240 \text{ g}}$

• Murais:

Medidas:

$110 \text{ cm} \times 188 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 31.020 \text{ cm}^3 = 0,03102 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Volume (cada mural): $0,03102 \text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,03102 \text{ m}^3 = 16,347 \text{ kg} = 16.347,5 \text{ g}$ de madeira cada mural

Quantidade de murais: 4

Total = $4 \times 16.347,5 \text{ g} = 65.390 \text{ g}$

Total madeira = **253.630 g**

Plástico

• Cestos de lixo (grandes):

Massa cada = $3,25 \text{ kg} = 3.250 \text{ g}$

Quantidade = 2

Total = $2 \times 3.250 \text{ g} = 6.500 \text{ g}$

Total plástico = **6.500 g**

Ferro

• Murais:

Medidas:

Laterais maiores: $198 \text{ cm} \times 7,6 \text{ cm} \times 0,2 \text{ cm} = 300,96 \text{ cm}^3 \times 2 = 601,92 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Laterais menores: $119 \text{ cm} \times 7,6 \text{ cm} \times 0,2 \text{ cm} = 180,88 \text{ cm}^3 \times 2 = 361,76 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Volume (cada mural): $601,92 \text{ cm}^3 + 361,76 \text{ cm}^3 = 963,68 \text{ cm}^3$

Densidade (Fe) = $7.870 \text{ kg/m}^3 = 7,870 \text{ g/cm}^3$ (<http://www.hypertextbook.com/physics/matter/density/>)

Massa = $d \times V = 7,870 \text{ g/cm}^3 \times 963,68 \text{ cm}^3 = 7.584,16 \text{ g}$ de ferro cada mural

Quantidade de murais: 4

Total = $4 \times 7.584,16 \text{ g} = \mathbf{30.337 \text{ g}}$

• Luminárias:

Massa = 4.950 g cada luminária (balança)

Quantidade = 48 luminárias (dado de campo)

Total = $48 \times 4.950 \text{ g} = \mathbf{237.600 \text{ g}}$

Total de ferro = **267.937 g**

Vidro

• Murais:

Medidas:

$107 \text{ cm} \times 97,5 \text{ cm} \times 0,4 \text{ cm} = 4.173 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Volume (cada mural): 4.173 cm^3

Densidade (vidro): $2,579 \text{ g/cm}^3$ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 4.173 \text{ cm}^3 = 10.762 \text{ g}$ cada vidro

Quantidade de murais: 4 (Cada mural possui dois vidros) = 8 vidros

Total = $8 \times 10.762 \text{ g} = 86.096 \text{ g}$

Total de vidro (murais) = 86.096 g

- Lâmpadas das luminárias:
Massa = 100 g cada lâmpada (balança)
Quantidade = 96 lâmpadas (dado de campo)
Total = 96 x 100 g = 9.600 g
Total de vidro (lâmpadas) = 9.600 g

Anexo E.8 – Área Externa (prédio usado pelo curso de Farmácia - um andar)

Alumínio

Brises (proteção de janela)

- Frente do prédio: 84 tiras
- Meio: 90 tiras
- Fundo do prédio: 40 tiras

Total = 214 tiras

Medidas: 18 cm x 648 cm x 0,2 cm = 2.332,8 cm³ (dado de campo)

Volume = 2.332,8 cm³ (cada tira)

Densidade (Alumínio): 2.700 kg/m³ = 2,7 g/cm³ (<http://www.hypertextbook.com/physics/matter/density/>)

Massa = d x V = 2,7 g/cm³ x 2.332,8 cm³ = 6.298,56 g de alumínio cada tira

Quantidade de tiras: 214

Total = 214 x 6.298,56 g = **1.347.892 g**

Total alumínio = 1.347.892 g

Anexo E.9 – Banheiros (2)

Madeira

- Portas:

Medidas:

Porta (entrada): 87 cm x 207 cm x 3,5 cm = 63.031,5 cm³ = 0,063 m³ (dado de campo)

Quantidade de portas (2 banheiros com 1 porta cada): 2

Total: 2 x 0,063 m³ = 0,126 m³

Porta (box): 55,5 cm x 160 cm x 3,5 cm = 31.080 cm³ = 0,03108 m³ (dado de campo)

Quantidade de portas (2 banheiros com 6 portas cada): 12

Total: 12 x 0,03108 m³ = 0,373 m³

Volume (portas): 0,126 m³ + 0,373 m³ = 0,499 m³

Densidade (madeira): 527 kg/m³ (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = d x V = 527 kg/m³ x 0,499 m³ = 262,973 kg de madeira

Total = 262,973 kg = 262.973 g

Total madeira = 262.973 g

Ferro

- Luminárias:
Massa = 4.950 g cada luminária (balança)
Quantidade = 40 luminárias (dado de campo)
Total = 4 x 4.950 g = 19.800 g
Total ferro = 19.800 g

Plástico

- Cestos de lixo (pequenos):

Massa cada = 688,76 g
Quantidade (2 banheiros com 6 lixos cada) = 12
Total = 12 x 688,76 g = **8.265 g**

- Cestos de lixo (grandes):

Massa cada = 3.250 g
Quantidade = (2 banheiros com 1 lixo cada) = 2
Total = 2 x 3.250 g = **6.500 g**

Total plástico = **14.765 g**

Granito

- Divisões dos banheiros:

Medidas: Grandes: 120 cm x 178,5 cm x 3 cm = 64.260 cm³
Pequenas: 30 cm x 178,5 cm x 3 cm = 16.065 cm³
Quantidade (2 banheiros com 5 divisões grandes e 5 pequenas cada) = 2 x 5 = 10 grandes e 10 pequenas
Total: 10 x 64.260cm³ + 10 x 16.065 cm³ = 803.250 cm³ = 0,80325 m³
Volume = 0,80325 m³
Densidade (granito): 2.691 kg/m³ (simetric.co.uk/si_materials.htm)
Massa = d x V = 2.691 kg/m³ x 0,80325 m³ = 2.161,546 kg
Total = 2.161,546 kg = 2.161.546 g

- Pias (banheiros):

Medidas: 431 cm x 54 cm x 3 cm = 69.822 cm³ (dado de campo)
Friso (2): 431 cm x 6,5 cm x 2 cm = 5603 cm³ (dado de campo)
Total de granito (cada pia): 69.822 cm³ + 5603 cm³ = 75.425 cm³
Quantidade (2 banheiros com 1 pia cada) = 2
Total: 2 x 75.425 cm³ = 150.850 cm³ = 0,15085 m³
Volume = 0,15085 m³
Densidade (granito): 2.691 kg/m³ (simetric.co.uk/si_materials.htm)
Massa = d x V = 2.691 kg/m³ x 0,15085 m³ = 405,937 kg
Total = 405,937 kg = 405.937 g

Total granito = **405.937 g**

Vidro

- Vidros das janelas:

Medidas: Vidros grandes: 87 cm x 79 cm x 0,5 cm = 3.436,5 cm³ (dado de campo)
Vidros pequenos: 44 cm x 79 cm x 0,5 cm = 1.738 cm³ (dado de campo)
Densidade (vidro) = 2,579 g/cm³ (simetric.co.uk/si_materials.htm)
Massa (vidro grande) = d x V = 2,579 g/cm³ x 3.436,5 cm³ = 8.862,73 g (cada vidro grande)
Massa (vidro pequeno) = d x V = 2,579 g/cm³ x 1.738 cm³ = 4.482,3 g (cada vidro pequeno)
2 banheiros (1 feminino e um masculino): 1 janela com 8 vidros grandes e 8 pequenos.
Total: 8 x 8.862,73 g + 8 x 4.482,3 g = 106.760 g
Total de vidro das janelas: **106.760 g**

- Vidros dos espelhos:

Medidas: Espelho grande: 128 cm x 47 cm x 0,4 cm = 2.406,4 cm³ (dado de campo)
Espelho grande: 79,5 cm x 134,5 cm x 0,4 cm = 4.277,1 cm³ (dado de campo)
Densidade = 2,579 g/cm³ (simetric.co.uk/si_materials.htm)
Massa (espelho grande) = d x V = 2,579 g/cm³ x 2.406,4 cm³ = 6.206,1 g (cada espelho grande)
Massa (espelho pequeno) = d x V = 2,579 g/cm³ x 4.277 cm³ = 11.030,38 g (cada espelho pequeno)
Quantidade: 2 espelhos grandes e 1 espelho pequeno (só feminino)
Total: 2 x 6.206,1 g + 1 x 11.030,38 g = **23.442 g**

Total de vidro = **130.202 g**

- Lâmpadas das luminárias:

Massa = 100 g cada lâmpada (balança)
Quantidade = 8 lâmpadas (dado de campo)
Total = 8 x 100 g = **800 g**
Total de vidro (lâmpadas) = 800 g

Anexo E.10 – Sala dos professores (usada por todos os cursos)

Madeira

- Mesas redondas:

Medidas: D = 1,20 m = R = 0,60 m (dado de campo)

h = 2 cm = 0,02 m

Volume (cada mesa): 0,04524 m³

Densidade (madeira): 527 kg/m³ (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = d x V = 527 kg/m³ x 0,04524 m³ = 23,84 kg de madeira cada mesa = 23.841,5 g

Quantidade = 11 (dado de campo)

Total = 11 x 23.841,5 g = 262.256 g

- Portas:

Medidas: Porta (toda): 87 cm x 207 cm x 3,5 cm = 63.031,5 cm³ (dado de campo)

Volume (cada porta): 63.031,5 cm³ = 0,0630315 m³

Densidade (madeira): 527 kg/m³ (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = d x V = 527 kg/m³ x 0,0630315 m³ = 33,218 kg de madeira cada porta

Quantidade de portas: 2

Total = 2 x 33,218 kg = 66,435 kg = 66.435 g

- Cadeiras (parte de madeira):

Massa cada = 1.900 g

Quantidade = 36

Total = 36 x 1.900 g = 68.400 g

- Murais:

Medidas:

110 cm x 188 cm x 1,5 cm = 31.020 cm³ = 0,03102 m³ (dado de campo)

Volume (cada mural): 0,03102 m³

Densidade (madeira): 527 kg/m³ (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = d x V = 527 kg/m³ x 0,03102 m³ = 16,347 kg = 16.347,5 g de madeira cada mural

Quantidade de murais: 3

Total = 3 x 16.347,5 g = 49.042 g

Total madeira = 446.133 g

Engenharia: 3,65% x 446.133 g = **16.284 g**

Total madeira (Farmácia) = 16.284 g

Ferro

- Mesas redondas (pés):

Medidas: apoio vazado (2): 3 cm x 37 cm x 0,15 cm = 33,3 cm³ (dado de campo)

(2): 4,7 cm x 37 cm x 0,15 cm = 52,17 cm³ (dado de campo)

Cada apoio vazado (8) = 33,3 cm³ + 52,17 cm³ = 85,47 cm³

Medidas: apoio vazado (2): 63 cm x 4,7 cm x 0,15 cm = 88,83 cm³ (dado de campo)

(2): 63 cm x 3 cm x 0,15 cm = 56,7 cm³ (dado de campo)

Cada apoio vazado (4) = 88,83 cm³ + 56,7 cm³ = 145,53 cm³

Total: 8 x 85,47 cm³ + 4 x 145,53 cm³ = 1.265,88 cm³ (cada mesa)

Densidade (Fe) = 7.870 kg/m³ = 7,870 g/cm³ (<http://www.hypertextbook.com/physics/matter/density/>)

Massa = d x V = 7,870 g/cm³ x 1.265,88 cm³ = 9.962,5 g de ferro cada mesa

Quantidade de mesas: 11

Total = $11 \times 9.962,5 \text{ g} = 109.587,5 \text{ g}$

- Cadeiras (parte de ferro):

Massa cada = 2.229 g

Quantidade = 36

Total = $36 \times 2.229 \text{ g} = 80.244 \text{ g}$

- Luminárias:

Massa cada = 4.950 g

Quantidade = 12

Total = $12 \times 4.950 \text{ g} = 59.400 \text{ g}$

- Armários:

Medidas: frente e fundo (2): $295 \text{ cm} \times 125 \text{ cm} \times 0,1 \text{ cm} = 3.687,5 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

cima e baixo (2): $50 \text{ cm} \times 125 \text{ cm} \times 0,1 \text{ cm} = 625 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Cada armário: $2 \times 3.687,5 + 2 \times 625 = 7.375 \text{ cm}^3 + 1.250 \text{ cm}^3 = 8.625 \text{ cm}^3$

Densidade (Fe) = $7.870 \text{ kg/m}^3 = 7.870 \text{ g/cm}^3$ (<http://www.hypertextbook.com/physics/matter/density/>)

Massa = $d \times V = 7.870 \text{ g/cm}^3 \times 8.625 \text{ cm}^3 = 67.878,75 \text{ g}$ de ferro cada armário

Quantidade de armários: 12

Total = $12 \times 67.878,75 \text{ g} = 814.545 \text{ g}$

- Murais:

Medidas:

Laterais maiores: $198 \text{ cm} \times 7,6 \text{ cm} \times 0,2 \text{ cm} = 300,96 \text{ cm}^3 \times 2 = 601,92 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Laterais menores: $119 \text{ cm} \times 7,6 \text{ cm} \times 0,2 \text{ cm} = 180,88 \text{ cm}^3 \times 2 = 361,76 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Volume (cada mural): $601,92 \text{ cm}^3 + 361,76 \text{ cm}^3 = 963,68 \text{ cm}^3$

Densidade (Fe) = $7.870 \text{ kg/m}^3 = 7.870 \text{ g/cm}^3$ (<http://www.hypertextbook.com/physics/matter/density/>)

Massa = $d \times V = 7.870 \text{ g/cm}^3 \times 963,68 \text{ cm}^3 = 7.584,16 \text{ g}$ de ferro cada mural

Quantidade de murais: 3

Total = $3 \times 7.588 \text{ g} = 22.752,5 \text{ g}$

Total ferro = 1.086.530 g

Farmácia: $3,65\% \times 1.086.530 \text{ g} = \mathbf{39.658 \text{ g}}$

Total ferro (Farmácia) = **39.658 g**

Plástico

- Cesto de lixo (grande):

Massa cada = 3.249 g

Quantidade = 1

Total = $1 \times 3.249 \text{ g} = 3.249 \text{ g}$

Total plástico = 3.249 g

Farmácia: $3,65\% \times 3.249 \text{ g} = \mathbf{119 \text{ g}}$

Total plástico (Farmácia) = **119 g**

Vidro

- Vidros das janelas:

Medidas: Vidros grandes: $87 \text{ cm} \times 79 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} = 3.436,5 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Vidros pequenos: $44 \text{ cm} \times 79 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} = 1.738 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Densidade (vidro) = $2,579 \text{ g/cm}^3$ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa (vidro grande) = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 3.436,5 \text{ cm}^3 = 8.862,73 \text{ g}$ (cada vidro grande)

Massa (vidro pequeno) = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 1.738 \text{ cm}^3 = 4.482,3 \text{ g}$ (cada vidro pequeno)

Quantidade de vidros: 12 grandes e 12 pequenos

Total: $12 \times 8.862,73 \text{ g} + 12 \times 4.482,3 \text{ g} = 160.140 \text{ g}$

Total de vidro das janelas: 160.140 g

Total vidro = 160.140 g

Farmácia: $3,65\% \times 160.140 \text{ g} = 5.845 \text{ g}$

Total de vidro (Farmácia) = 5.845 g

• Lâmpadas das luminárias:

Massa = 100 g cada lâmpada (balança)

Quantidade = 24 lâmpadas (dado de campo)

Total = $24 \times 100 \text{ g} = 2.400 \text{ g}$

Total = 2.400 g

Farmácia: $3,65\% \times 2.400 \text{ g} = 88 \text{ g}$

Total de vidro das lâmpadas (Farmácia) = 88 g

Ventiladores = 3 unidades

Anexo E.11 – Total de materiais (construção do prédio e mobiliário)

Soma dos Anexos E.2 à E.10

Madeira

Salas de aula: 1.368.065 g

Laboratório Multidisciplinar: 1.108.922 g

Laboratório de Química: 1.589.847 g

Laboratório de Farmacêutica e Cosmético: 1.105.986 g

Laboratório Análises Clínicas e Toxicológicas: 1.485.391 g

Corredores: 253.630 g

Banheiros: 262.973 g

Sala dos professores: 16.284 g

Total madeira = 7.191.098 g / 25 = 287.644 g

Ferro

Salas de aula: 1.707.253 g

Laboratório Multidisciplinar: 162.195 g

Laboratório de Química: 134.650 g

Laboratório de Farmacêutica e Cosmético: 203.980 g

Laboratório Análises Clínicas e Toxicológicas: 128.800 g

Corredores: 267.937 g

Banheiros: 19.800 g

Sala dos professores: 39.658 g

Total ferro = 2.664.273 g / 25 = 106.571 g

Plástico

Salas de aula: 421.444 g

Laboratório Multidisciplinar: 19.929 g

Laboratório de Química: 30.073 g

Laboratório de Farmacêutica e Cosmético: 15.849 g

Laboratório Análises Clínicas e Toxicológicas: 6.498 g

Corredores: 6.500 g

Banheiros: 14.765 g

Sala dos professores: 119 g

Total plástico = 515.177 g / 25 = 20.607 g

Vidro

Salas de aula: 469.202 g

Laboratório Multidisciplinar: 160.974 g

Laboratório de Química: 215.188 g
Laboratório de Farmacêutica e Cosmético: 107.594 g
Laboratório Análises Clínicas e Toxicológicas: 107.594 g
Corredores: 89.096 g
Banheiros: 130.202 g
Sala dos professores: 5.845 g
Total de vidro = 1.285.695 g / 25 = 51.428 g

Vidro (lâmpadas das luminárias)

Salas de aula: 8.400 g
Laboratório Multidisciplinar: 1.800 g
Laboratório de Química: 4.000 g
Laboratório de Farmacêutica e Cosmético: 1.600 g
Laboratório Análises Clínicas e Toxicológicas: 2.800 g
Corredores: 9.600 g
Banheiros: 800 g
Sala dos professores: 88 g
Total de vidro: 29.088 g
Tempo de depreciação: 6 anos* (na UNIP)
Total de vidro das lâmpadas: 29.088 g / 6 = 4.848 g
* Vida útil: 7.500 horas
Média: 6h/dia x 205 dias letivos = 1230 horas/ano (média)
Vida útil = 7.500 / 1230 = 6 anos

Granito

Laboratório Multidisciplinar: 2.482.200 g
Laboratório de Química: 2.280.740 g
Laboratório de Farmacêutica e Cosmético: 2.163.600 g
Laboratório Análises Clínicas e Toxicológicas: 238.950 g
Banheiros: 405.937 g
Total de granito = 7.571.427 g / 25 = 302.857 g

Alumínio

Área externa: 1.347.892 g
Total de alumínio = 1.347.892 g / 25 = 53.916 g

Ventiladores (Quantidades)

Salas de aula: 10 unidades
Laboratório Multidisciplinar: 2 unidades
Laboratório de Química: 4 unidades
Laboratório de Farmacêutica e Cosmético: 2 unidades
Sala dos professores: 3 unidades (uso comum)
Total de ventiladores = 18 (Farmácia) + 03 (uso comum a todos os cursos). O memorial de cálculo está no Anexo A.12

Vidraria (laboratório)

Laboratório Multidisciplinar: 318.250 g
Laboratório de Química: 85.500 g
Laboratório de Farmacêutica e Cosmético: 235.200 g
Total de vidraria = 638.950 g (Anexo A.12)

Anexo E.12 – Equipamentos (usados pelo curso de Farmácia)

Computador

Computador = 6 (Farmácia) + 33 (uso comum a todos os cursos)

$6 + 33 \times 3,65\% = 6 + 1,2 = 7,2$ (Farmácia)

Massa: 19,5 kg = 19.500 g (monitor + CPU + teclado)

Total: $7,2 \times 19.500$ g = 140.400 g

Tempo de depreciação: 5 anos

Total = 140.400 g / 5 = **28.080 g**

Microscópios

Microscópios = 12 + 30 = 42 unidades (Farmácia)

Massa: 5,5 kg = 5.500 g

Total: 42×5.500 g = 231.000 g

Tempo de depreciação: 5 anos

Total = 231.000 g / 5 = **46.200 g**

Data show

Data show = 14 (uso comum)

$14 \times 3,65\% = 0,5$ (Farmácia)

Massa: 3,1 kg = 3.100 g

Total: $0,5 \times 3.100$ g = 1.550 g

Tempo de depreciação: 5 anos

Total = 1.550 g / 5 = **310 g**

Retroprojektor

Data show = 27 (uso comum)

$27 \times 3,65\% = 1$ (Farmácia)

Massa: 7,8 kg = 7.800 g

Total = 1×7.800 = 7.800 g

Tempo de depreciação: 5 anos

Total = 7.800 g / 5 = **1.560 g**

Ventilador

Ventilador = 18 (Farmácia) + 03 (uso comum a todos os cursos)

$18 + 3 \times 3,65\% = 18 + 0,1 = 18,1$ (Farmácia)

Massa: 4,8 kg = 4.800 g

Total: $18,1 \times 4.800$ g = 86.880 g

Tempo de depreciação: 10 anos

Total = 86.880 g / 10 = **8.688 g**

Vidraria (laboratório)

Total: 638.950 g

Tempo de depreciação: 5 anos

Total = 638.950 g / 5 = **127.790 g**

Anexo E.13 – Livros (Biblioteca – estoque)

Segundo Odum, 1996 = 1×10^6 livros = $7,85 \times 10^{18}$ sej (emergia)

Para 1 livro = $7,85 \times 10^{12}$ sej (emergia por livro)

Transformidade (Odum, 1996) = $2,054 \times 10^9$ sej/J

Energia = Energia / transformidade = $7,85 \times 10^{12}$ sej / $2,054 \times 10^9$ sej/J = $3,82 \times 10^3$ J (energia de cada livro). (Odum, 1996)

Total (campus Indianópolis) = 6.000 livros usados nos cursos de Farmácia (dado de campo)

Energia (livros da Farmácia) = 6.000 livros x $3,82 \times 10^3$ J = $2,29 \times 10^7$ J

Vida útil = 20 anos

Total (livros da Farmácia) = $2,29 \times 10^7$ J / 20 anos = $1,15 \times 10^6$ J

Total livros (biblioteca) = $1,15 \times 10^6$ J

Anexo E.14 – Funcionários

Total (campus Indianópolis) = 600 funcionários (dado de campo)

Farmácia = 3,65%

Total Farmácia = 3,65% x 600 = 22 funcionários

Cada funcionário trabalha 8,8 horas diárias (44 semanais), 22 dias mensais e 11 meses por ano (descontando 1 mês de férias).

8,8 horas/ dia e 22 dias x 11 = 242 dias / anuais (cada funcionário).

22×120 kcal/ h x 4.186 J/ kcal x 8,8 h/ dia x 242 dias/ ano = $2,35 \times 10^{10}$ J/ ano.

Total (Farmácia) = $2,35 \times 10^{10}$ J/ ano.

A mão de obra (funcionários) foi dividida por 30 anos (tempo médio que os funcionários trabalham na UNIP) = $2,35 \times 10^{10}$ J / 30anos = $7,83 \times 10^8$ J/ano

Total funcionários = $7,83 \times 10^8$ J/ano

Anexo F - Farmácia

Memorial de cálculo dos insumos referentes ao uso do edifício usado pelo curso de Farmácia da UNIP

Anexo F.1 – Irradiação Solar

Prédio

Insolação média – São Paulo (anual) = 4,14 kWh/m² (Sundata: www.cresesb.cepel.br / 17/06/2008)

Área externa da UNIP

Teto: 73 m x 70 m = 5.110 m²

Frente/fundo: 73 m x 20 m = 1.460 m² x 2 = 2.920 m²

Laterais (2): 70 m x 20 m = 2800 m²

Total (área externa): 10.830 m²

1 kW = 1000 J/s e 1h = 3600s

Total Irradiação Solar = 10.830 m² x 4,14 kWh/m² x 1.000 J/s x 3600s = 1,61 x 10¹¹ J

Anexo F.2 – Água

Poço – não renovável (dado de campo – contas da universidade)

Consumo anual (soma de todos os meses do ano).

Total de consumo = 15.251 m³ (consumo anual)

Alunos da Farmácia: 3,65%

Total consumo (Farmácia) = 3,65% x 15.251 m³ = 557 m³ (consumo anual)

Sabesp – pago (dado de campo – contas da universidade)

Consumo anual (soma de todos os meses do ano).

Total de consumo = 4.187 m³ (consumo anual)

Alunos da Farmácia: 3,65%

Total consumo (Farmácia) = 3,65% x 4.187 m³ = 153 m³ (consumo anual)

Total água consumida pela Farmácia = 710 m³

Anexo F.3 – Energia elétrica (eletricidade – contas da universidade)

Prédio Bacelar/Luis Góes

Ponta (17h30 às 20h30) = 982 kWh

Fora ponta indutivo (6h30 às 17h30 e 20h20 às 0h30) = 978 kWh

Fora ponta capacitivo (0h30 às 6h30) = 534 kWh

Total de consumo (mensal) = 2.494 kWh

Total de consumo (anual) = 12 x 2.494 kW = 29.928 kWh

Total de alunos = 5.457 alunos

Total de alunos da Farmácia = 199 alunos

Alunos da Farmácia: 3,65%

Total consumo (Farmácia) = 3,65% x 29.928 kWh = 1.092,37 kWh (consumo anual)

1 kW = 1000 J/s e 1h = 3600s

Total Energia Elétrica = 1.092,37 kWh x 1.000 J/s x 3600s = **3,93 x 10⁹ J (consumo anual)**

Anexo F.4 – Materiais

Papel

Papel sulfite

Massa de cada pacote com 500 folhas = 2,36kg (dado de campo)

Quantidade = 440 caixas por ano com 10 pacotes cada = 4.400 pacotes (dado de campo)

Total UNIP= $4.400 \times 2,36\text{kg} = 10.384\text{kg} = 10.384.000\text{g}$

Alunos da Farmácia: 3,65%

Total Farmácia = $3,65\% \times 10.384.000\text{g} = 379.016 \text{ g}$

Total papel sulfite usado pela Farmácia = **379.016 g**

Papel toalha

Massa de cada rolo = 1,6 kg (dado de campo)

Quantidade = 180 caixas por ano com 8 rolos cada = 1.440 rolos (dado de campo)

Total UNIP= $1.440 \times 1,6 \text{ kg} = 2.304 \text{ kg} = 2.304.000 \text{ g}$

Alunos da Farmácia: 3,65%

Total Farmácia = $3,65\% \times 2.304.000 \text{ g} = 84.096 \text{ g}$

Papel higiênico

Massa de cada rolo = 1,15 kg (dado de campo)

Quantidade = 120 caixas por ano com 8 rolos cada = 960 rolos (dado de campo)

Total UNIP= $960 \times 1,15 \text{ kg} = 1.104 \text{ kg} = 1.104.000 \text{ g}$

Alunos da Farmácia: 3,65%

Total Engenharia = $3,65\% \times 1.104.000 \text{ g} = 40.296 \text{ g}$

Total de papel (toalha e higiênico) usado pela Farmácia = **124.392 g**

Plástico

Copos de água

Massa de cada pacote com 100 copos = 188,60 g (dado de campo)

Quantidade = 276 caixas por ano com 30 pacotes cada = 8.280 pacotes (dado de campo)

Total UNIP= $8.280 \times 188,60 \text{ g} = 1.561.608 \text{ g}$

Alunos da Farmácia: 3,65%

Total Farmácia = $3,65\% \times 1.561.608 \text{ g} = 56.999 \text{ g}$

Copos de café

Massa de cada pacote com 100 copos = 76,50 g (dado de campo)

Quantidade = 48 caixas por ano com 50 pacotes cada = 2.400 pacotes (dado de campo)

Total UNIP= $2.400 \times 76,50 \text{ g} = 183.600 \text{ g}$

Alunos da Farmácia: 3,65%

Total Farmácia = $3,65\% \times 183.600 \text{ g} = 6.701 \text{ g}$

Total de copos plásticos usados pela Farmácia = **63.700 g**

Anexo F.5 – Livros (quantidade que entra todo ano)

Energia de cada livro = $3,82 \times 10^3 \text{ J}$ (Anexo A.11).

Considerando entrada de 400 livros por ano para o curso de Farmácia

Energia (livros da Farmácia) = $400 \text{ livros} \times 3,82 \times 10^3 \text{ J} = 1,53 \times 10^6 \text{ J}$

Total livros (entram todo ano) = **$1,53 \times 10^6 \text{ J}$**

Anexo G - Farmácia

Memorial de cálculo dos insumos referentes a informação necessária para formar um farmacêutico

Anexo G.1 – Professores (UNIP)

Cálculo da energia dos professores

Total (Farmácia) = 22 professores

Horas totais de aulas (para os 5 anos) 94 aulas semanais.

94 / 22 professores = 4,27 aulas semanais (cada professor)

4,27 / 5 dias na semana = 0,854 aulas / dia (cada professor)

Cada aula 50 minutos = 0,712 hora / dia (cada professor – média) + 1/6 de hora atividade = 0,830 hora / dia

Considerando 205 dias letivos (ano)

Professores:

22 x 120 kcal/ h x 4.186 J/ kcal x 0,830 h/ dia x 205 dias/ ano = 1,88 x 10⁹ J/ ano.

Energia da Informação do professor para o aluno = 1% (Odum, 1999b)

Total da energia dos professores de Farmácia da UNIP = 0,01 x 1,88 x 10⁹ J/ano = 1,88 x 10⁷ J/ano.

Cálculo da transformidade da informação dos professores

Média das horas trabalhadas pelos professores Universitários do Brasil

Tempo de aulas diárias: 6 aulas de 50 minutos

Total de 5h / dia (cada professor)

Quantidade de professores do Ensino Superior = 305.960 professores (Sinaes/INEP, 2005).

305.960 x 120 kcal/ h x 4.186 J/ kcal x 5h/ dia x 205 dias/ ano = 1,57 x 10¹⁴ J/ ano (energia).

Energia do Brasil = 2,77 x 10²⁴ sej/ ano (Coelho et al., 2002)

Transformidade dos professores = Energia do Brasil / Energia dos professores do Brasil

Transformidade = 2,77 x 10²⁴ J/ ano / 1,57 x 10¹⁴ J/ ano = 1,76 x 10¹⁰ sej/J

Transformidade = 1,76 x 10¹⁰ sej/J

Cálculo da energia dos professores nas aulas práticas (UNIP)

Total (Farmácia/Laboratório) = 10 professores

Horas totais de aulas (para os 5 anos de curso) 31 aulas semanais.

31 / 10 professores = 3,1 aulas semanais (cada professor)

3,1 / 5 dias na semana = 0,62 aulas / dia (cada professor)

Cada aula 50 minutos = 0,52 hora / dia (cada professor – média) + 1/6 de hora atividade = 0,61 hora / dia

Considerando 205 dias letivos (ano)

Professores:

10 x 120 kcal/ h x 4.186 J/ kcal x 0,61 h/ dia x 205 dias/ ano = 6,28 x 10⁸ J/ ano.

Energia da Informação do professor para o aluno = 1% (Odum, 1999b)

Total da energia dos professores de Engenharia da UNIP nas aulas de laboratório = 0,01 x 6,28 x 10⁸ J/ano = 6,28 x 10⁶ J/ano.

Cálculo da energia dos professores nas aulas práticas (UNIP) caso a Farmácia tivesse 400 alunos (80 alunos por sala)

Total (Farmácia/Laboratório) = 20 professores

Horas totais de aulas (para os 5 anos de curso) 62 aulas semanais.

62 / 20 professores = 3,1 aulas semanais (cada professor)

3,1 / 5 dias na semana = 0,62 aulas / dia (cada professor)

Cada aula 50 minutos = 0,52 hora / dia (cada professor – média) + 1/6 de hora atividade = 0,61 hora / dia

Considerando 205 dias letivos (ano)

Professores:

$20 \times 120 \text{ kcal/h} \times 4.186 \text{ J/kcal} \times 0,61 \text{ h/dia} \times 205 \text{ dias/ano} = 12,56 \times 10^8 \text{ J/ano.}$

Energia da Informação do professor para o aluno = 1% (Odum, 1999b)

Total da energia dos professores de Engenharia da UNIP nas aulas de laboratório = $0,01 \times 12,56 \times 10^8 \text{ J/ano} = 12,56 \times 10^6 \text{ J/ano.}$

Anexo G.2 – Livros

Cálculo da energia dos livros

Total livros da Farmácia (biblioteca) = $2,29 \times 10^7 \text{ J}$ (Anexo E.13)

Total livros (entram todo ano) = $1,53 \times 10^6 \text{ J}$ (Anexo F.5)

Total Farmácia = $2,29 \times 10^7 \text{ J} + 1,53 \times 10^6 \text{ J} = 2,45 \times 10^7 \text{ J}$

Energia da Informação dos livros para o aluno = 1% (Odum, 1999b)

Total (Informação dos livros) = $0,01 \times 2,45 \times 10^7 \text{ J} = 2,45 \times 10^5 \text{ J}$

Cálculo da transformidade da informação dos livros

Informação do livro para o aluno = 1% (Odum, 1999b)

Transformidade = $2,045 \times 10^9 \text{ sej/J}$ (Odum, 1996) $\times 1,68 = 3,45 \times 10^9 \text{ sej/J}$

Transformidade (informação dos livros) = $3,45 \times 10^9 \text{ sej/J}$

Anexo G.3 – Alunos

Total Farmácia (5 anos) = 199 alunos

1° ano: 50 alunos – Desistentes: 7 alunos

2° ano: 43 alunos – Desistentes: 5 alunos

3° ano: 38 alunos – Desistentes: 4 alunos

4° ano: 34 alunos

5° ano: 34 alunos

Tempo de aulas diárias: 4 aulas de 50 minutos

Total de 3,33 h/ dia (cada aluno)

Cálculo da energia dos alunos que entram na UNIP

$50 \times 120 \text{ kcal/h} \times 4.186 \text{ J/kcal} \times 3,33 \text{ h/dia} \times 205 \text{ dias/ano} = 1,71 \times 10^{10} \text{ J/ano.}$

Energia da Informação que o aluno traz do Ensino Médio = 10% (Meillaud, 2005)

Total da energia dos alunos = $0,1 \times 1,71 \times 10^{10} \text{ J/ano} = 1,71 \times 10^9 \text{ J/ano.}$

Cálculo da transformidade da informação dos alunos que terminaram o Ensino Médio

Tempo de aulas diárias: 6 aulas de 50 minutos

Total de 5h/ dia (cada aluno)

Alunos que terminaram o Ensino Médio = 6.535.898 alunos (Sinopse Estatística da Educação Básica, INEP, 2004)

$6.535.898 \times 120 \text{ kcal/h} \times 4.186 \text{ J/kcal} \times 5 \text{ h/dia} \times 205 \text{ dias/ano} = 3,36 \times 10^{15} \text{ J/ano}$ (energia).

Energia do Brasil = $2,77 \times 10^{24} \text{ sej/ano}$ (Coelho et al., 2002)

Transformidade dos alunos que terminaram o EM = Energia do Brasil / Energia dos alunos

Transformidade = $2,77 \times 10^{24} \text{ J/ano} / 3,36 \times 10^{15} \text{ J/ano} = 8,2 \times 10^8 \text{ sej/J}$

Transformidade = $8,2 \times 10^8 \text{ sej/J}$

Anexo G.4 – Farmacêuticos

Cálculo da energia dos farmacêuticos (alunos que terminaram o curso):

$34 \times 120 \text{ kcal/h} \times 4.186 \text{ J/kcal} \times 3,33 \text{ h/dia} \times 205 \text{ dias/ano} = 1,17 \times 10^{10} \text{ J/ano.}$

Energia da Informação que o farmacêutico leva = 10% (Meillaud, 2005)

Energia da Informação que o farmacêutico leva = $0,1 \times 1,17 \times 10^{10}$ J/ ano = **$1,17 \times 10^9$ J/ ano**

Cálculo da energia dos farmacêuticos (alunos que terminaram o curso):

$1,40 \times 10^{18}$ sej (energia da informação prévia do aluno) + **$1,21 \times 10^{18}$ sej** (energia da infraestrutura utilizada durante cinco anos = $5 \times 2,42 \times 10^{17}$ sej) + **$1,65 \times 10^{18}$ sej** (energia da informação do professor durante cinco anos = $5 \times 3,3 \times 10^{17}$ sej) + **$5,95 \times 10^{15}$ sej** (energia da informação obtida dos livros durante cinco anos = $5 \times 1,19 \times 10^{15}$ sej) = **$4,27 \times 10^{18}$ sej** (Energia total dos farmacêuticos = soma da tabela).

Anexo G.5 – Sem desistentes

Total Farmácia (entrada) = 50 alunos

Tempo de aulas diárias: 4 aulas de 50 minutos

Total de 3,33 h/ dia (cada aluno)

Cálculo da energia dos farmacêuticos sem desistentes

• Farmacêuticos (alunos que terminaram o curso):

50×120 kcal/h x 4.186 J/kcal x $3,33$ h/ dia x 205 dias/ ano = **$1,71 \times 10^{10}$ J/ ano.**

Energia da Informação que o farmacêutico leva = 10% (Meillaud, 2005)

Energia da Informação que o farmacêutico leva = $0,1 \times 1,71 \times 10^{10}$ J/ ano = **$1,71 \times 10^9$ J/ ano**

Anexo H - Farmácia

Memorial de cálculo dos indicadores calculados neste estudo.

Anexo H.1 – Energia do curso por aluno considerando aulas práticas com transformidade maior que as aulas teóricas

Energia do curso = $5,38 \times 10^{18}$ sej

Total de alunos de Farmácia = 199

Energia do curso por aluno é equivalente a **$2,70 \times 10^{16}$ sej/ aluno. curso**

Anexo H.2 – Energia da informação recebida por aluno considerando aulas práticas com transformidade maior que as aulas teóricas (durante o curso)

Energia da informação recebida = $1,65 \times 10^{18}$ sej (aulas teóricas) + $1,11 \times 10^{18}$ sej (aulas práticas) + $4,23 \times 10^{15}$ sej (livros) = $2,76 \times 10^{18}$ sej

Total de alunos de Farmácia = 199

Energia da informação recebida por aluno é equivalente a **$1,39 \times 10^{16}$ sej / aluno. curso**

Anexo H.3 – Energia da informação de laboratório recebida por aluno

Energia da informação prática recebida = $1,11 \times 10^{18}$ sej

Total de alunos de Farmácia = 199

Energia da informação de laboratório recebida por aluno é equivalente a **$5,58 \times 10^{15}$ sej/ aluno. curso**

Anexo H.4 – Energia do curso por aluno considerando aulas práticas com transformidade maior que as aulas teóricas e que a farmácia tivesse 400 alunos (80 alunos por sala, como na Engenharia)

Energia do curso = $6,48 \times 10^{18}$ sej

Total de alunos de Farmácia = 400

Energia do curso por aluno é equivalente a **$1,62 \times 10^{16}$ sej/ aluno. curso**

Anexo I - Administração

Memorial de cálculo dos insumos referentes a implantação do edifício usado pelo curso de Administração da UNIP

Anexo I.1 – Concreto, aço e cerâmica utilizados na construção do prédio

Concreto

Pilares

$$12 \times 0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 6,40 \text{ m} = 19,2 \text{ m}^3$$

Vigas

$$3 \times 50 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 2 \text{ andares} = 75 \text{ m}^3$$

$$5 \times 20 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 2 \text{ andares} = 50 \text{ m}^3$$

$$\text{Total (vigas e pilares)} = 144,2 \text{ m}^3$$

Contrapiso

$$50 \text{ m} \times 20 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 2 \text{ andares} = 300 \text{ m}^3$$

$$\text{Total: } 144,2 \text{ m}^3 + 300 \text{ m}^3 = 444,2 \text{ m}^3$$

$$\text{Densidade do concreto armado} = 2.500 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Massa total: } 2.500 \text{ kg/m}^3 \times 444,2 \text{ m}^3 = 1,11 \times 10^6 \text{ kg} = 1,11 \times 10^9 \text{ g}$$

Considerando 97% de concreto e 3% de aço

$$\text{Massa do concreto: } 1,11 \times 10^9 \text{ g} \times 0,97 = 1,08 \times 10^9 \text{ g} / 25 \text{ anos (depreciação)} = \mathbf{4,3 \times 10^7 \text{ g}}$$

Paredes

$$50 \text{ m} \times 6,4 \text{ m (altura)} \times 2 = 640 \text{ m}^2$$

$$20 \text{ m} \times 6,4 \text{ m (altura)} \times 2 = 256 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total} = 896 \text{ m}^2$$

$$\text{Tijolos: } 896 \text{ m}^2 \text{ de bloco} / 0,08 \text{ m}^2 = 11.200 \text{ blocos}$$

$$\text{Total: } 11.200 \text{ blocos} \times 9.746 \text{ g (cada bloco)} = 1,09 \times 10^8 \text{ g} / 25 \text{ anos (depreciação)} = 4,36 \times 10^6 \text{ g/ano} \times 0,7 \text{ (descontando as janelas)} = \mathbf{3,05 \times 10^6 \text{ g/ano}}$$

$$\text{Total: } 4,3 \times 10^7 \text{ g} + 3,05 \times 10^6 \text{ g} = \mathbf{4,6 \times 10^7 \text{ g}}$$

$$\text{Total de concreto} = \mathbf{4,6 \times 10^7 \text{ g}}$$

Aço

Contrapiso, pilares e vigas

$$\text{Massa total: } 1,11 \times 10^9 \text{ g}$$

Considerando 97% de concreto e 3% de aço

$$\text{Massa do aço: } 1,11 \times 10^9 \text{ g} \times 0,03 = 3,33 \times 10^7 \text{ g} / 25 \text{ anos (depreciação)} = \mathbf{1,33 \times 10^6 \text{ g}}$$

$$\text{Total de aço} = \mathbf{1,33 \times 10^6 \text{ g}}$$

Cerâmica

Banheiros

Vasos sanitários = 20 unidades

Massa de cada = 30 kg

$$\text{Total: } 20 \times 30 = 600 \text{ kg} = \mathbf{600.000 \text{ g}}$$

Piso das salas

Espessura = 0,01 m

$$10,05 \text{ m} \times 8 \text{ m} \times 0,01 \text{ m} = 0,804 \text{ m}^3 \text{ (cada sala)} \times 7 \text{ salas} = 5,628 \text{ m}^3$$

Densidade: 3.260 kg/m³

$$\text{Massa} = 5,628 \text{ m}^3 \times 3.260 \text{ kg/m}^3 = 18.347,28 \text{ kg} = \mathbf{18.347.280 \text{ g}}$$

Piso dos corredores

Espessura = 0,01 m

$32\text{ m} \times 2\text{ m} \times 0,01\text{ m} = 0,64\text{ m}^3$ (cada corredor) $\times 2 = 1,28\text{ m}^3$

Densidade: 3.260 kg/m^3

Massa = $1,28\text{ m}^3 \times 3.260\text{ kg/m}^3 = 4.172,8\text{ kg} = \mathbf{4.172.800\text{ g}}$

Total: $600.000\text{ g} + 18.347.280\text{ g} + 4.172.800\text{ g} = 23.120.080\text{ g} = 2,31 \times 10^7\text{g} / 25\text{ anos (depreciação)} = \mathbf{9,24 \times 10^5\text{g}}$

Total de cerâmica = $\mathbf{9,24 \times 10^5\text{g}}$

Anexo I.2 – Salas de aula (usadas pelo Curso de Administração)

Madeira

- Carteiras:

Massa = $1,4\text{ kg} = 1400\text{ g}$ de madeira por cadeira (balança)

Quantidade = 450 carteiras (dado de campo)

Total = $500 \times 1.400\text{ g} = \mathbf{700.000\text{ g}}$

- Apagador:

Massa = 163 g (balança)

Quantidade = 7 apagadores (dado de campo)

Total: $7 \times 163\text{ g} = \mathbf{1.141\text{ g}}$

- Lousas:

Medidas: $6,04\text{ m} \times 1,15\text{ m} \times 0,02\text{ m} = 0,13892\text{ m}^3$ (dado de campo)

Volume (cada lousa): $0,13892\text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527\text{ kg/m}^3 \times 0,13892\text{ m}^3 = 73,21\text{ kg}$ de madeira cada lousa

Quantidade de lousas: 7

Total = $7 \times 73,21\text{ kg} = 512,47\text{ kg} = \mathbf{512.470\text{ g}}$

- Portas:

Medidas: Porta (toda): $87\text{ cm} \times 207\text{ cm} \times 3,5\text{ cm} = 63.031,5\text{ cm}^3$ (dado de campo)

Parte de vidro: $14\text{ cm} \times 77\text{ cm} \times 3,5\text{ cm} = 3773\text{ cm}^3$

Volume (cada porta): $63.031,5\text{ cm}^3 - 3773\text{ cm}^3 = 59.258,5\text{ cm}^3 = 0,0592585\text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527\text{ kg/m}^3 \times 0,0592585\text{ m}^3 = 31,23\text{ kg}$ de madeira cada porta

Quantidade de portas: 7

Total = $7 \times 31,23\text{ kg} = 218,61\text{ kg} = \mathbf{218.610\text{ g}}$

- Mesas professor:

Massa = $5,44\text{ kg} = 5.440\text{ g}$ de madeira (balança)

Quantidade = 7 (dado de campo)

Total = $7 \times 5.440\text{ g} = \mathbf{38.080\text{ g}}$

- Tablados:

Medidas: Parte superior: $631\text{ cm} \times 112\text{ cm} \times 2\text{ cm} = 141.344\text{ cm}^3$ (dado de campo)

Frente $631\text{ cm} \times 30,5\text{ cm} \times 2\text{ cm} = 38.491\text{ cm}^3$ (dado de campo)

Laterais (2): $112\text{ cm} \times 30,5\text{ cm} \times 2\text{ cm} = 6832\text{ cm}^3$ cada $\times 2 = 13.664\text{ cm}^3$ (dado de campo)

Volume = $141.344\text{ cm}^3 + 38.491\text{ cm}^3 + 13.664\text{ cm}^3 = 193.499\text{ cm}^3 = 0,1935\text{ m}^3$ (cada tablado)

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527\text{ kg/m}^3 \times 0,1935\text{ m}^3 = 101,97\text{ kg}$ de madeira cada tablado

Quantidade de tablados: 7

Total = $7 \times 101,97\text{ kg} = 713,79\text{ kg} = \mathbf{713.790\text{ g}}$

Total madeira = $\mathbf{2.184.091\text{ g}}$

Ferro

- Carteiras:

Massa = 6,1 kg = 6.100 g de ferro por carteira (balança)

Quantidade = 500 carteiras (dado de campo)

Total = 500 x 6.100 g = **3.050.000 g**

- Lousas:

Medidas: 622 cm x 9 cm x 0,2 cm = 1.119,6 cm³ x 2 = 2.239,2 cm³ (dado de campo)

133 cm x 9 cm x 0,2 cm = 239,4 cm³ x 2 = 478,8 cm³ (dado de campo)

Volume (cada lousa) = 2.718 cm³

Densidade (Fe) = 7.870 kg/m³ = 7,870 g/cm³ (<http://www.hypertextbook.com/physics/matter/density/>)

Massa = d x V = 7,870 g/cm³ x 2.718 cm³ = 21.390,66 g (cada lousa)

Quantidade de lousas: 7

Total: 7 x 21.390,66g = **149.734,62g**

- Mesa professor:

Massa = 10,08 kg = 10.080 g de ferro (balança)

Quantidade = 7 (dado de campo)

Total = 7 x 10.080g = **70.560g**

- Luminárias:

Massa = 4.950g cada luminária (balança)

Quantidade = 70 luminárias (dado de campo)

Total = 70 x 4.950 g = **346.500 g**

Total ferro = 3.616.794,62 g

Plástico

- Carteiras:

Massa (ferro + plástico) = 8 kg = 8000 g (balança)

Massa (ferro) = 6.1 kg = 6.100 g (balança)

Massa (plástico) = 8000 – 6.100 = 1.900 g de plástico por cadeira

Quantidade = 500 carteiras (dado de campo)

Total = 500 x 1,9 kg = 950 kg = **950.000 g**

- Cestos de lixo:

Massa cada = 688,76g

Quantidade = 7

Total = 7 x 688,76g = **4.821,32g**

Total plástico = 954.821,32g

Vidro

- Vidros das janelas:

Salas 203, 204, 303, 401, 402, 403 e 406 (Luis Góes)

Medidas: Vidros grandes: 87 cm x 79 cm x 0,5 cm = 3.436,5 cm³ (dado de campo)

Vidros pequenos: 44 cm x 79 cm x 0,5 cm = 1.738 cm³ (dado de campo)

Densidade (vidro) = 2,579 g/cm³ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa (vidro grande) = d x V = 2,579 g/cm³ x 3.436,5 cm³ = 8.862,73 g (cada vidro grande)

Massa (vidro pequeno) = d x V = 2,579 g/cm³ x 1.738 cm³ = 4.482,3 g (cada vidro pequeno)

Quantidade de vidros: 70 grandes e 70 pequenos

Total de vidro das janelas: 70 x 8.862,73 g + 70 x 4.482,3 g = **934.152,1 g**

- Vidros das portas:

Medidas: 14 cm x 77 cm x 0,3 cm = 323,4 cm³ (dado de campo)

Densidade = 2,579 g/cm³ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa = d x V = 2,579 g/cm³ x 323,4 cm³ = 834,05 g (cada porta)

Quantidade: 7 portas

Total de vidro das portas: 7 x 834,05 g = **5.838,35 g**

Total de vidro (portas e janelas) = 939.990,45 g

- Lâmpadas das luminárias:
Massa = 100g cada lâmpada (balança)
Quantidade = 140 lâmpadas (dado de campo)
Total = 140 x 100 g = 14.000 g
Total de vidro (lâmpadas) = 14.000g

Ventiladores = 14 unidades

Anexo I.3 – Corredores (usados pelo Curso de Administração)

Madeira

- Bancos:
Medidas:
 - Quadrinhos: 6 cm x 6 cm x 3 cm = 108 cm³ (dado de campo)
Quantidade de quadrinhos (cada banco) : 57
Total: 57 x 108 cm³ = 6156 cm³
 - Tiras (pequenas): 6 cm x 42 cm x 3 cm = 756 cm³ (dado de campo)
Quantidade de tiras (cada banco) : 20
Total: 20 x 756 cm³ = 15120 cm³
 - Tiras (grandes): 238 cm x 6 cm x 3 cm = 4284 cm³ (dado de campo)
Quantidade de tiras (cada banco) : 2
Total: 2 x 4284 cm³ = 8564 cm³
 - Apoio: Tiras (pequenas): 44,5 cm x 5 cm x 3 cm = 667,5 cm³ (dado de campo)
Quantidade de tiras (cada banco) : 6
Total: 6 x 667,5 cm³ = 4005 cm³
 - Apoio: Tiras (grandes): 90 cm x 5 cm x 3 cm = 1350 cm³ (dado de campo)
Quantidade de tiras (cada banco) : 8
Total: 8 x 1350 cm³ = 10.800 cm³
 - Total (cada banco): 6156 + 15120 + 8564 + 10800 + 4005 = 44.649 cm³
Volume (cada banco): 44.649 cm³ = 0,044649 m³
Densidade (madeira): 527 kg/m³ (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)
Massa = d x V = 527 kg/m³ x 0,044649 m³ = 23,53 kg de madeira cada banco
Quantidade de bancos: 9
Total = 9 x 23,53kg = 211,77 kg = **211.770 g**
- Murais:
Medidas:
 - 110 cm x 188 cm x 1,5 cm = 31.020 cm³ = 0,03102 m³ (dado de campo)
Volume (cada mural): 0,03102 m³
Densidade (madeira): 527 kg/m³ (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)
Massa = d x V = 527 kg/m³ x 0,03102 m³ = 16,347 kg = 16.347,5 g de madeira cada mural
Quantidade de murais: 6
Total = 6 x 16.347,5 g = **98.085 g**
Total madeira = 309.855 g

Plástico

- Cestos de lixo (grandes):
Massa cada = 3,25 kg = 3.250 g
Quantidade = 6
Total = 6 x 3.250 g = 19.500 g

Total plástico = 19.500g

Ferro

- Murais:

Medidas:

Laterais maiores: $198 \text{ cm} \times 7,6 \text{ cm} \times 0,2 \text{ cm} = 300,96 \text{ cm}^3 \times 2 = 601,92 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Laterais menores: $119 \text{ cm} \times 7,6 \text{ cm} \times 0,2 \text{ cm} = 180,88 \text{ cm}^3 \times 2 = 361,76 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Volume (cada mural): $601,92 \text{ cm}^3 + 361,76 \text{ cm}^3 = 963,68 \text{ cm}^3$

Densidade (Fe) = $7.870 \text{ kg/m}^3 = 7,870 \text{ g/cm}^3$ (<http://www.hypertextbook.com/physics/matter/density/>)

Massa = $d \times V = 7,870 \text{ g/cm}^3 \times 963,68 \text{ cm}^3 = 7.584,16 \text{ g}$ de ferro cada mural

Quantidade de murais: 6

Total = $6 \times 7.584,16 \text{ g} = 45.504,96 \text{ g}$

- Luminárias:

Massa = 4.950 g cada luminária (balança)

Quantidade = 24 luminárias (dado de campo)

Total = $24 \times 4.950 \text{ g} = 118.800 \text{ g}$

Total de ferro = 164.304,96 g

Vidro

- Murais:

Medidas:

$107 \text{ cm} \times 97,5 \text{ cm} \times 0,4 \text{ cm} = 4.173 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Volume (cada mural): 4.173 cm^3

Densidade (vidro): $2,579 \text{ g/cm}^3$ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 4.173 \text{ cm}^3 = 10.762 \text{ g}$ cada vidro

Quantidade de murais: 6 (Cada mural possui dois vidros) = 12 vidros

Total = $12 \times 10.762 \text{ g} = 129.144 \text{ g}$

Total de vidro (murais) = 129.144 g

- Lâmpadas das luminárias:

Massa = 100g cada lâmpada (balança)

Quantidade = 48 lâmpadas (dado de campo)

Total = $48 \times 100 \text{ g} = 4.800 \text{ g}$

Total de vidro (lâmpadas) = 4.800g

Anexo I.4 – Área Externa (prédio usado pela Administração – somente de 7 salas)

Alumínio

Brises (proteção de janela)

- Salas da administração: 154 tiras

Medidas: $18 \text{ cm} \times 648 \text{ cm} \times 0,2 \text{ cm} = 2.332,8 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Volume = $2.332,8 \text{ cm}^3$ (cada tira)

Densidade (Alumínio): $2.700 \text{ kg/m}^3 = 2,7 \text{ g/cm}^3$ (<http://www.hypertextbook.com/physics/matter/density/>)

Massa = $d \times V = 2,7 \text{ g/cm}^3 \times 2.332,8 \text{ cm}^3 = 6.298,56 \text{ g}$ de alumínio cada tira

Total = $154 \times 6.298,56 \text{ g} = 969.978,24 \text{ g}$

Total alumínio = 969.978,24 g

Anexo I.5 – Banheiros (6)

Madeira

- Portas:

Medidas:

Porta (entrada): $87 \text{ cm} \times 207 \text{ cm} \times 3,5 \text{ cm} = 63.031,5 \text{ cm}^3 = 0,063 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Quantidade de portas (4 banheiros com 1 porta cada): 4

Total: $4 \times 0,063 \text{ m}^3 = 0,252 \text{ m}^3$

Porta (box): $55,5 \text{ cm} \times 160 \text{ cm} \times 3,5 \text{ cm} = 31.080 \text{ cm}^3 = 0,03108 \text{ m}^3$ (dado de campo)

Quantidade de portas (4 banheiros com 5 portas cada): $4 \times 5 = 20$

Total: $20 \times 0,03108 \text{ m}^3 = 0,622 \text{ m}^3$

Volume (portas): $0,252 \text{ m}^3 + 0,622 \text{ m}^3 = 0,874 \text{ m}^3$

Densidade (madeira): 527 kg/m^3 (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = $d \times V = 527 \text{ kg/m}^3 \times 0,874 \text{ m}^3 = 460,6 \text{ kg}$ de madeira

Total = $460,6 \text{ kg} = 460.600 \text{ g}$

Total madeira = 460.600 g

Ferro

- Luminárias:

Massa = 4.950 g cada luminária (balança)

Quantidade = 12 luminárias (dado de campo)

Total = $12 \times 4.950 \text{ g} = 59.400 \text{ g}$

Total ferro = 59.400g

Plástico

- Cestos de lixo (pequenos):

Massa cada = 688,76 g

Quantidade (4 banheiros com 5 lixos cada) = $4 \times 5 = 20$

Total = $20 \times 688,76 \text{ g} = 13.775 \text{ g}$

- Cestos de lixo (grandes):

Massa cada = 3.250 g

Quantidade = (4 banheiros com 1 lixo cada) = 4

Total = $4 \times 3.250 \text{ g} = 13.000 \text{ g}$

Total plástico = 26.772 g

Granito

- Divisões dos banheiros:

Medidas: Grandes: $120 \text{ cm} \times 178,5 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} = 64.260 \text{ cm}^3$

Pequenas: $30 \text{ cm} \times 178,5 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} = 16.065 \text{ cm}^3$

Quantidade (4 banheiros com 4 divisões grandes e 4 pequenas cada) = $4 \times 4 = 16$ grandes e 16 pequenas

Total: $16 \times 64.260 \text{ cm}^3 + 16 \times 16.065 \text{ cm}^3 = 1.285.200 \text{ cm}^3 = 1,2852 \text{ m}^3$

Volume = $1,2852 \text{ m}^3$

Densidade (granito): 2.691 kg/m^3 (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa = $d \times V = 2.691 \text{ kg/m}^3 \times 1,2852 \text{ m}^3 = 3.458,47 \text{ kg}$

Total = $3.458,47 \text{ kg} = 3.458.470 \text{ g}$

- Pias:

Medidas: $431 \text{ cm} \times 54 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} = 69.822 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Friso (2): $431 \text{ cm} \times 6,5 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} = 5603 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Total de granito (cada pia): $69.822 \text{ cm}^3 + 5603 \text{ cm}^3 = 75.425 \text{ cm}^3$

Quantidade (4 banheiros com 1 pia cada) = 4

Total: $4 \times 75.425 \text{ cm}^3 = 301.700 \text{ cm}^3 = 0,3017 \text{ m}^3$

Volume = $0,3017 \text{ m}^3$

Densidade (granito): 2.691 kg/m^3 (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa = $d \times V = 2.691 \text{ kg/m}^3 \times 0,3017 \text{ m}^3 = 811,87 \text{ kg}$

Total = 811,87 kg = **811.870 g**

Total granito = 4.270.340 g

Vidro

- Vidros das janelas:

Medidas: Vidros grandes: 87 cm x 79 cm x 0,5 cm = 3.436,5 cm³ (dado de campo)

Vidros pequenos: 44 cm x 79 cm x 0,5 cm = 1.738 cm³ (dado de campo)

Densidade (vidro) = 2,579 g/cm³ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa (vidro grande) = d x V = 2,579 g/cm³ x 3.436,5 cm³ = 8.862,73 g (cada vidro grande)

Massa (vidro pequeno) = d x V = 2,579 g/cm³ x 1.738 cm³ = 4.482,3 g (cada vidro pequeno)

Cada 2 banheiros (1 feminino e um masculino): 1 janela com 8 vidros grandes e 8 pequenos.

Quantidade de vidros: 24 grandes e 24 pequenos

Total: 24 x 8.862,73g + 24 x 4.482,3g = **320.280,72 g**

- Vidros dos espelhos:

Medidas: Espelho grande: 128 cm x 47 cm x 0,4 cm = 2.406,4 cm³ (dado de campo)

Espelho grande: 79,5 cm x 134,5 cm x 0,4 cm = 4.277,1 cm³ (dado de campo)

Densidade = 2,579 g/cm³ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa (espelho grande) = d x V = 2,579 g/cm³ x 2.406,4 cm³ = 6.206,1 g (cada espelho grande)

Massa (espelho pequeno) = d x V = 2,579 g/cm³ x 4.277 cm³ = 11.030,38 g (cada espelho pequeno)

Quantidade: 6 espelhos grandes e 3 espelhos pequenos (só femininos)

Total: 6 x 6.206,1 g + 3 x 11.030,38 g = **70.327,74 g**

Total de vidro = 390.608,46 g

- Lâmpadas das luminárias:

Massa = 100 g cada lâmpada (balança)

Quantidade = 12 lâmpadas (dado de campo)

Total = 12 x 100g = **1.200g**

Total de vidro (lâmpadas) = 1.200g

Anexo I.6 – Sala dos professores (usada por todos os cursos)

Madeira

- Mesas redondas:

Medidas: D = 1,20 m = R = 0,60 m (dado de campo)

h = 2cm = 0,02 m

Volume (cada mesa): 0,04524 m³

Densidade (madeira): 527 kg/m³ (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = d x V = 527 kg/m³ x 0,04524 m³ = 23,84 kg de madeira cada mesa = 23.841,5 g

Quantidade = 11 (dado de campo)

Total = 11 x 23.841,5 g = 262.256 g

- Portas:

Medidas: Porta (toda): 87 cm x 207 cm x 3,5 cm = 63.031,5 cm³ (dado de campo)

Volume (cada porta): 63.031,5 cm³ = 0,0630315 m³

Densidade (madeira): 527 kg/m³ (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = d x V = 527 kg/m³ x 0,0630315 m³ = 33,218 kg de madeira cada porta

Quantidade de portas: 2

Total = 2 x 33,218 kg = 66,435 kg = 66.435 g

- Cadeiras (parte de madeira):

Massa cada = 1.900 g

Quantidade = 36

Total = 36 x 1.900 g = 68.400 g

- Murais:

Medidas:

110 cm x 188 cm x 1,5 cm = 31.020 cm³ = 0,03102 m³ (dado de campo)

Volume (cada mural): 0,03102 m³

Densidade (madeira): 527 kg/m³ (Resende et al., 2007 / <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos>)

Massa = d x V = 527 kg/m³ x 0,03102 m³ = 16,347 kg = 16.347,5 g de madeira cada mural

Quantidade de murais: 3

Total = 3 x 16.347,5 g = 49.042 g

Total madeira = 446.133 g

Engenharia: 8,7% x 446.133 g = **38.813,57 g**

Total madeira (Administração) = 38.813,57 g

Ferro

- Mesas redondas (pés):

Medidas: apoio vazado (2): 3 cm x 37 cm x 0,15 cm = 33,3 cm³ (dado de campo)

(2): 4,7 cm x 37 cm x 0,15 cm = 52,17 cm³ (dado de campo)

Cada apoio vazado (8) = 33,3 cm³ + 52,17 cm³ = 85,47 cm³

Medidas: apoio vazado (2): 63 cm x 4,7 cm x 0,15 cm = 88,83 cm³ (dado de campo)

(2): 63 cm x 3 cm x 0,15 cm = 56,7 cm³ (dado de campo)

Cada apoio vazado (4) = 88,83 cm³ + 56,7 cm³ = 145,53 cm³

Total: 8 x 85,47 cm³ + 4 x 145,53 cm³ = 1.265,88 cm³ (cada mesa)

Densidade (Fe) = 7.870 kg/m³ = 7,870 g/cm³ (<http://www.hypertextbook.com/physics/matter/density/>)

Massa = d x V = 7,870 g/cm³ x 1.265,88 cm³ = 9.962,5 g de ferro cada mesa

Quantidade de mesas: 11

Total = 11 x 9.962,5 g = 109.587,5 g

- Cadeiras (parte de ferro):

Massa cada = 2.229 g

Quantidade = 36

Total = 36 x 2.229 g = 80.244 g

- Luminárias:

Massa cada = 4.950g

Quantidade = 12

Total = 12 x 4.950g = 59.400g

- Armários:

Medidas: frente e fundo (2): 295 cm x 125 cm x 0,1 cm = 3.687,5 cm³ (dado de campo)

cima e baixo (2): 50 cm x 125 cm x 0,1 cm = 625 cm³ (dado de campo)

Cada armário: 2 x 3.687,5 + 2 x 625 = 7.375 cm³ + 1.250 cm³ = 8.625 cm³

Densidade (Fe) = 7.870 kg/m³ = 7,870 g/cm³ (<http://www.hypertextbook.com/physics/matter/density/>)

Massa = d x V = 7,870 g/cm³ x 8.625 cm³ = 67.878,75 g de ferro cada armário

Quantidade de armários: 12

Total = 12 x 67.878,75g = 814.545g

- Murais:

Medidas:

Laterais maiores: 198 cm x 7,6 cm x 0,2 cm = 300,96 cm³ x 2 = 601,92 cm³ (dado de campo)

Laterais menores: 119 cm x 7,6 cm x 0,2 cm = 180,88 cm³ x 2 = 361,76 cm³ (dado de campo)

Volume (cada mural): 601,92 cm³ + 361,76 cm³ = 963,68 cm³

Densidade (Fe) = 7.870 kg/m³ = 7,870 g/cm³ (<http://www.hypertextbook.com/physics/matter/density/>)

Massa = d x V = 7,870 g/cm³ x 963,68 cm³ = 7.584,16 g de ferro cada mural

Quantidade de murais: 3

Total = 3 x 7.588 g = 22.752,5 g

Total ferro = 1.086.530 g

Engenharia: $8,7\% \times 1.086.530\text{g} = 94.528,11 \text{ g}$

Total ferro (Administração) = 94.528,11 g

Plástico

- Cesto de lixo (grande):

Massa cada = 3.249 g

Quantidade = 1

Total = $1 \times 3.249 \text{ g} = 3.249 \text{ g}$

Total plástico = 3.249 g

Engenharia: $8,7\% \times 3.249 \text{ g} = 282,66 \text{ g}$

Total plástico (Administração) = 282,66 g

Vidro

- Vidros das janelas:

Medidas: Vidros grandes: $87 \text{ cm} \times 79 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} = 3.436,5 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Vidros pequenos: $44 \text{ cm} \times 79 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} = 1.738 \text{ cm}^3$ (dado de campo)

Densidade (vidro) = $2,579 \text{ g/cm}^3$ (simetric.co.uk/si_materials.htm)

Massa (vidro grande) = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 3.436,5 \text{ cm}^3 = 8.862,73 \text{ g}$ (cada vidro grande)

Massa (vidro pequeno) = $d \times V = 2,579 \text{ g/cm}^3 \times 1.738 \text{ cm}^3 = 4.482,3 \text{ g}$ (cada vidro pequeno)

Quantidade de vidros: 12 grandes e 12 pequenos

Total: $12 \times 8.862,73 \text{ g} + 12 \times 4.482,3 \text{ g} = 160.140 \text{ g}$

Total de vidro das janelas: 160.140 g

Total vidro = 160.140 g

Engenharia: $8,7\% \times 160.140\text{g} = 13.932,18 \text{ g}$

Total de vidro (Administração) = 13.932,18 g

- Lâmpadas das luminárias:

Massa = 100g cada lâmpada (balança)

Quantidade = 24 lâmpadas (dado de campo)

Total = $24 \times 100\text{g} = 2.400 \text{ g}$

Total vidro = 2.400 g

Engenharia: $8,7\% \times 2.400 \text{ g} = 208,8 \text{ g}$

Total de vidro das lâmpadas (Administração) = 208,8 g

Ventiladores = 3 unidades

Anexo I.7 – Total de materiais (construção do prédio e mobiliário)

Soma dos Anexos I.2 à I.6

Madeira

Salas de aula: 2.184.091 g

Corredores: 309.855 g

Banheiros: 460.600 g

Sala dos professores: 38.813,57 g

Total madeira = $2.993.359,57 \text{ g} / 25 = 119.734 \text{ g}$

Ferro

Salas de aula: 3.616.794,62 g

Banheiros: 59.400g

Sala dos professores: 94.528,11g

Corredores: 164.304,96 g

Total ferro = $3.935.027,69 \text{ g} / 25 = 157.401 \text{ g}$

Plástico

Salas de aula: 954.821,32 g
Corredores: 19.500 g
Banheiros: 26.772 g
Sala dos professores: 282,66 g
Total plástico = 1.001.375,98 g / 25 = 40.055 g

Vidro

Salas de aula: 939.990,45 g
Corredores: 129.144 g
Banheiros: 390.608,46 g
Sala dos professores: 13.932,18 g
Total de vidro = 1.473.675,1 g / 25 = 58.947 g

Vidro (lâmpadas das luminárias)

Salas de aula: 14.000 g
Corredores: 4.800 g
Banheiros: 1.200 g
Sala dos professores: 208,8 g
Total de vidro: 20.208,8 g
Tempo de depreciação: 6 anos* (na UNIP)
Total de vidro das lâmpadas: 20.208,8 g / 6 = 3.368 g

* Vida útil: 7.500 horas

Média: 6 h/dia x 205 dias letivos = 1230 horas/ano (média)

Vida útil = 7.500 / 1230 = 6 anos

Granito

Banheiros: 4.270.340 g
Total de granito = 4.270.340 g / 25 = 170.813 g

Alumínio

Área externa: 969.978,24 g
Total de alumínio = 969.978,24 g / 25 = 38.799 g

Ventiladores (Quantidades)

Salas de aula: 14 unidades (Administração)

Sala dos professores: 3 unidades (uso comum)

Total de ventiladores = 14 (Administração) + 03 (uso comum a todos os cursos). O memorial de cálculo está no Anexo A.8

Anexo I.8 – Equipamentos (usados pela Administração)**Computador**

Computador = 41 (Administração) + 33 (uso comum a todos os cursos)

$40 + 33 \times 8,7\% = 41 + 2,87 = 43,87$ (Administração)

Massa: 19,5 kg = 19.500 g (monitor + CPU + teclado)

Total: $43,87 \times 19.500 = 855.465$ g

Tempo de depreciação: 5 anos

Total = 855.465 g / 5 = 171.093 g

Data show

Data show = 14 (uso comum)
 $14 \times 8,7\% = 1,22$ (Administração)
Massa: 3,1 kg = 3.100 g
Total: $1,22 \times 3.100\text{g} = 3.782$ g
Tempo de depreciação: 5 anos
Total = $3.782 \text{ g} / 5 = 756 \text{ g}$

Retroprojektor

Data show = 27 (uso comum)
 $27 \times 8,7\% = 2,35$ (Administração)
Massa: 7,8 kg = 7.800 g
Total = $2,35 \times 7.800 = 18.330$ g
Tempo de depreciação: 5 anos
Total = $18.330\text{g} / 5 = 3.666 \text{ g}$

Ventilador

Ventilador = 14 (Administração) + 03 (uso comum a todos os cursos)
 $14 + 3 \times 8,7\% = 14 + 0,26 = 14,26$ (Administração)
Massa: 4,8 kg = 4.800 g
Total: $14,26 \times 4.800 \text{ g} = 68.448$ g
Tempo de depreciação: 10 anos
Total = $68.448 \text{ g} / 10 = 6.845 \text{ g}$

Anexo I.9 – Livros (Biblioteca – estoque)

Segundo Odum, 1996 = 1×10^6 livros = $7,85 \times 10^{18}$ sej (energia)
Para 1 livro = $7,85 \times 10^{12}$ sej (energia por livro)
Transformidade (Odum, 1996) = $2,054 \times 10^9$ sej/J
Energia = Energia / transformidade = $7,85 \times 10^{12}$ sej / $2,054 \times 10^9$ sej/J = $3,82 \times 10^3$ J (energia de cada livro). (Odum, 1996)
Total (campus Indianópolis) = 5.000 livros usados nos cursos de Administração (dado de campo)
Energia (livros da Administração) = 5.000 livros $\times 3,82 \times 10^3$ J = $1,91 \times 10^7$ J
Vida útil = 20 anos
Total (livros da Administração) = $1,91 \times 10^7$ J / 20 anos = $9,55 \times 10^5$ J
Total livros (biblioteca) = $9,55 \times 10^5$ J

Anexo I.10 – Funcionários

Total (campus Indianópolis) = 600 funcionários (dado de campo)
Administração = 8,7%
Total Administração = $8,7\% \times 600 = 52$ funcionários
Cada funcionário trabalha 8,8 horas diárias (44 semanais), 22 dias mensais e 11 meses por ano (descontando 1 mês de férias).
 $8,8$ horas/ dia e 22 dias $\times 11 = 242$ dias / anuais (cada funcionário).
 52×120 kcal/ h $\times 4.186$ J/ kcal $\times 8,8$ h/ dia $\times 242$ dias/ ano = $5,56 \times 10^{10}$ J/ ano.
Total (Administração) = $5,56 \times 10^{10}$ J/ ano.
A mão de obra (funcionários) foi dividida por 30 anos (tempo médio que os funcionários trabalham na UNIP) = $5,56 \times 10^{10}$ J / 30anos = $1,85 \times 10^9$ J/ano
Total funcionários = $1,85 \times 10^9$ J/ano

Anexo J - Administração

Memorial de cálculo dos insumos referentes ao uso do edifício usado pelo curso de Administração da UNIP

Anexo J.1 – Irradiação Solar

Prédio

Insolação média – São Paulo (anual) = 4,14kWh/m² (Sundata: www.cresesb.cepel.br / 17/06/2008)

Área externa da UNIP

Teto: 50 m x 20 m = 1.000m²

Frente/fundo: 50 m x 10 m = 500 m² x 2 = 1.000 m²

Laterais (2): 20 m x 10m = 200 m²

Total (área externa): 1.200 m²

1 kW = 1000 J/s e 1h = 3600s

Total Irradiação Solar = 1.200 m² x 4,14 kWh/m² x 1.000 J/s x 3600s = 1,79 x 10¹⁰J

Anexo J.2 – Água

Poço – não renovável (dado de campo – contas da universidade)

Consumo anual (soma de todos os meses do ano).

Total de consumo = 15.251 m³ (consumo anual)

Alunos da Administração: 8,7%

Total consumo (Administração) = 8,7% x 15.251 m³ = 1.326,8 m³ (consumo anual)

Sabesp – pago (dado de campo – contas da universidade)

Consumo anual (soma de todos os meses do ano).

Total de consumo = 4.187 m³ (consumo anual)

Alunos da Administração: 8,7%

Total consumo (Administração) = 8,7% x 4.187 m³ = 364,3 m³ (consumo anual)

Total água consumida pela Administração = 1.691 m³

Anexo J.3 – Energia elétrica (eletricidade – contas da universidade)

Prédio Bacelar/Luís Góes

Ponta (17h30 às 20h30) = 982 kWh

Fora ponta indutivo (6h30 às 17h30 e 20h20 às 0h30) = 978 kWh

Fora ponta capacitivo (0h30 às 6h30) = 534 kWh

Total de consumo (mensal) = 2.494 kWh

Total de consumo (anual) = 12 x 2.494kW = 29.928 kWh

Total de alunos = 5.457 alunos

Total de alunos da Administração = 474 alunos

Alunos da Administração: 8,7%

Total consumo (Administração) = 8,7% x 29.928 kWh = 2.603,7 kWh (consumo anual)

1 kW = 1000 J/s e 1h = 3600s

Total Energia Elétrica = 2.603,7 kWh x 1.000 J/s x 3600s = 9,37 x 10⁹ J (consumo anual)

Anexo J.4 – Materiais

Papel

Papel sulfite

Massa de cada pacote com 500 folhas = 2,36 kg (dado de campo)

Quantidade = 440 caixas por ano com 10 pacotes cada = 4.400 pacotes (dado de campo)

Total UNIP= 4.400 x 2,36 kg = 10.384 kg = 10.384.000 g

Alunos da Administração: 8,7%

Total Administração = 8,7% x 10.384.000g = **903.408 g**

Total papel sulfite usado pela Administração = **903.408 g**

Papel toalha

Massa de cada rolo = 1,6 kg (dado de campo)

Quantidade = 180 caixas por ano com 8 rolos cada = 1.440 rolos (dado de campo)

Total UNIP= 1.440 x 1,6 kg = 2.304 kg = 2.304.000 g

Alunos da Administração: 8,7%

Total Administração = 8,7% x 2.304.000g = **200.448 g**

Papel higiênico

Massa de cada rolo = 1,15 kg (dado de campo)

Quantidade = 120 caixas por ano com 8 rolos cada = 960 rolos (dado de campo)

Total UNIP = 960 x 1,15 kg = 1.104 kg = 1.104.000 g

Alunos da Administração: 8,7%

Total Administração = 8,7% x 1.104.000 g = **96.048 g**

Total de papel (toalha e higiênico) usado pela Administração = **296.496 g**

Plástico

Copos de água

Massa de cada pacote com 100 copos = 188,60 g (dado de campo)

Quantidade = 276 caixas por ano com 30 pacotes cada = 8.280 pacotes (dado de campo)

Total UNIP = 8.280 x 188,60 g = 1.561.608 g

Alunos da Administração: 8,7%

Total Administração = 8,7% x 1.561.608 g = **135.860 g**

Copos de café

Massa de cada pacote com 100 copos = 76,50 g (dado de campo)

Quantidade = 48 caixas por ano com 50 pacotes cada = 2.400 pacotes (dado de campo)

Total UNIP = 2.400 x 76,50 g = 183.600 g

Alunos da Administração: 8,7%

Total Administração = 8,7% x 183.600g = **15.973,2 g**

Total de copos plásticos usados pela Administração = **151.833 g**

Anexo J.5 – Livros (quantidade que entra todo ano)

Energia de cada livro = $3,82 \times 10^3$ J (Anexo A.11).

Considerando entrada de 300 livros por ano para o curso de Administração

Energia (livros da Administração) = 300 livros x $3,82 \times 10^3$ J = $1,15 \times 10^6$ J

Total livros (entram todo ano) = **$1,15 \times 10^6$ J**

Anexo K - Administração

Memorial de cálculo dos insumos referentes a informação necessária para formar um administrador

Anexo K.1 – Professores (UNIP)

Cálculo da energia dos professores

Total (Administração) = 20 professores

Horas totais de aulas (para os 4 anos) 140 aulas semanais.

140 / 20 professores = 7 aulas semanais (cada professor)

7 / 5 dias na semana = 1,4 aulas / dia (cada professor)

Cada aula 50 minutos = 1,17 hora / dia (cada professor – média) + 1/6 de hora atividade = 1,36 hora / dia

Considerando 205 dias letivos (ano)

Professores:

20 x 120 kcal/ h x 4.186 J/ kcal x 1,36 h/ dia x 205 dias/ ano = $2,8 \times 10^9$ J/ ano.

Energia da Informação do professor para o aluno = 1% (Odum, 1999b)

Total da energia dos professores de Administração da UNIP = $0,01 \times 2,8 \times 10^9$ J/ano = $2,8 \times 10^7$ J/ano.

Cálculo da transformidade da informação dos professores (idem Engenharia)

Média das horas trabalhadas pelos professores Universitários do Brasil

Tempo de aulas diárias: 6 aulas de 50 minutos

Total de 5h/ dia (cada professor)

Quantidade de professores do Ensino Superior = 305.960 professores (Sinaes/INEP, 2005).

$305.960 \times 120 \text{ kcal/h} \times 4.186 \text{ J/kcal} \times 5 \text{ h/ dia} \times 205 \text{ dias/ano} = 1,57 \times 10^{14}$ J/ano (energia).

Energia do Brasil = $2,77 \times 10^{24}$ sej/ ano (Coelho et al., 2002)

Transformidade dos professores = Energia do Brasil / Energia dos professores do Brasil

Transformidade = $2,77 \times 10^{24}$ J/ ano / $1,57 \times 10^{14}$ J/ ano = $1,76 \times 10^{10}$ sej/J

Transformidade = $1,76 \times 10^{10}$ sej/J

Anexo K.2 – Livros

Cálculo da energia dos livros

Total livros da Administração (biblioteca) = $1,91 \times 10^7$ J (Anexo I.9)

Total livros (entram todo ano) = $1,15 \times 10^6$ J (Anexo J.5)

Total Administração = $1,91 \times 10^7$ J + $1,15 \times 10^6$ J = $2,025 \times 10^7$ J

Energia da Informação dos livros para o aluno = 1% (Odum, 1999b)

Total (Informação dos livros) = $0,01 \times 2,025 \times 10^7$ J = $2,025 \times 10^5$ J

Cálculo da transformidade da informação dos livros

Informação do livro para o aluno = 1% (Odum, 1999b)

Transformidade = $2,045 \times 10^9$ sej/J (Odum, 1996) x 1,68 = $3,45 \times 10^9$ sej/J

Transformidade (informação dos livros) = $3,45 \times 10^9$ sej/J

Anexo K.3 – Alunos

Total Administração (4 anos) = 474 alunos

1° ano: 124 alunos – Desistentes: 5 alunos

2° ano: 119 alunos – Desistentes: 3 alunos

3° ano: 116 alunos – Desistente: 1 alunos

4° ano: 115 alunos
Tempo de aulas diárias: 4 aulas de 50 minutos
Total de 3,33 h/ dia (cada aluno)

Cálculo da energia dos alunos que entram na UNIP para o curso de administração

$124 \times 120 \text{ kcal/h} \times 4.186 \text{ J/kcal} \times 3,33\text{h/dia} \times 205 \text{ dias/ano} = 4,25 \times 10^{10} \text{ J/ano.}$
Energia da Informação que o aluno traz do Ensino Médio = 10% (Meillaud, 2005)
Total da energia dos alunos = $0,1 \times 4,25 \times 10^{10} \text{ J/ ano} = 4,25 \times 10^9 \text{ J/ ano.}$

Cálculo da transformidade da informação dos alunos que terminaram o Ensino Médio

Tempo de aulas diárias: 6 aulas de 50 minutos
Total de 5h/dia (cada aluno)
Alunos que terminaram o Ensino Médio = 6.535.898 alunos (Sinopse Estatística da Educação Básica, INEP, 2004)
 $6.535.898 \times 120 \text{ kcal/h} \times 4.186 \text{ J/kcal} \times 5\text{h/dia} \times 205 \text{ dias/ano} = 3,36 \times 10^{15} \text{ J/ano (energia).}$
Energia do Brasil = $2,77 \times 10^{24} \text{ sej/ano}$ (Coelho et al., 2002)
Transformidade dos alunos que terminaram o EM = Energia do Brasil / Energia dos alunos do Brasil
Transformidade = $2,77 \times 10^{24} \text{ J/ano} / 3,36 \times 10^{15} \text{ J/ano} = 8,2 \times 10^8 \text{ sej/J}$
Transformidade = $8,2 \times 10^8 \text{ sej/J}$

Anexo K.4 – Administradores

Cálculo da energia dos administradores (alunos que terminaram o curso):

$115 \times 120 \text{ kcal/h} \times 4.186 \text{ J/kcal} \times 3,33\text{h/dia} \times 205 \text{ dias/ano} = 3,94 \times 10^{10} \text{ J/ano.}$
Energia da Informação que o administrador leva = 10% (Meillaud, 2005)
Energia da Informação que o administrador leva = $0,1 \times 3,94 \times 10^{10} \text{ J/ano} = 3,94 \times 10^9 \text{ J/ano}$

Cálculo da energia dos administradores (alunos que terminaram o curso):

$3,49 \times 10^{18} \text{ sej}$ (energia da informação prévia do aluno) + $5,7 \times 10^{17} \text{ sej}$ (energia da infraestrutura utilizada durante quatro anos = $4 \times 1,42 \times 10^{17} \text{ sej}$) + $1,97 \times 10^{18} \text{ sej}$ (energia da informação do professor durante quatro anos = $4 \times 4,92 \times 10^{17} \text{ sej}$) + $2,8 \times 10^{15} \text{ sej}$ (energia da informação obtida dos livros durante quatro anos = $4 \times 7 \times 10^{14} \text{ sej}$) = $6,03 \times 10^{18} \text{ sej}$ (Energia total dos administradores = soma da tabela).

Anexo K.5 – Sem desistentes

Total Administração (entrada) = 124 alunos
Tempo de aulas diárias: 4 aulas de 50 minutos
Total de 3,33 h/ dia (cada aluno)

Cálculo da energia dos administradores sem desistentes

• Administradores (alunos que terminaram o curso):
 $124 \times 120 \text{ kcal/h} \times 4.186 \text{ J/kcal} \times 3,33\text{h/dia} \times 205 \text{ dias/ano} = 4,25 \times 10^{10} \text{ J/ano.}$
Energia da Informação que o administrador leva = 10% (Meillaud, 2005)
Energia da Informação que o administrador leva = $0,1 \times 4,25 \times 10^{10} \text{ J/ano} = 4,25 \times 10^9 \text{ J/ano}$

Anexo L

Memorial de cálculo dos indicadores calculados neste estudo.

Anexo L.1 – Energia do curso por aluno

Energia do curso = $6,03 \times 10^{18}$ sej/ano

Total de alunos de Administração = 474

Energia do edifício por aluno é equivalente a $1,27 \times 10^{16}$ sej / aluno . curso (por 4 anos)

Anexo L.2 – Energia da informação recebida por aluno (durante o curso)

Energia da informação recebida = $1,97 \times 10^{18}$ sej (professores) + $2,80 \times 10^{15}$ sej (livros) = $1,97 \times 10^{18}$ sej

Total de alunos de Administração = 474

Energia da informação recebida por aluno = $4,16 \times 10^{15}$ sej / aluno. curso

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)