

ALEXANDRE DOS SANTOS RIBEIRO

**Soluções para Micro Sistema Elétrico Eficiente
abastecendo Centro Cirúrgico Móvel na Amazônia**

**Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Engenharia Elétrica**

SÃO PAULO

2010

ALEXANDRE DOS SANTOS RIBEIRO

**Soluções para Micro Sistema Elétrico Eficiente
abastecendo Centro Cirúrgico Móvel na Amazônia**

**Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Elétrica**

**Área de Concentração:
Sistemas de Potência**

**Orientador:
Prof. Dr. Marco Antonio Saidel**

**SÃO PAULO
2010**

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, de agosto de 2010.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Ribeiro, Alexandre dos Santos

**Soluções para micro sistema elétrico eficiente abastecendo centro cirúrgico móvel na Amazônia / A.S. Ribeiro. -- ed.rev. -- São Paulo, 2010.
95 p.**

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas.

**1. Energia elétrica (Aspectos econômicos) 2. Amazônia
3. Sistemas elétricos I .Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas II. t.**

Dedicatória

Dedico este trabalho a todos aqueles que realizam trabalhos voluntários para o benefício do próximo e de toda humanidade e, em especial, dedico aos profissionais de saúde e seus colaboradores que realizam o valioso trabalho voluntário de prover assistência médica e cirúrgica às populações indígenas brasileiras.

Agradecimentos

Muitos foram os colaboradores deste trabalho que surgiu de uma necessidade de suporte por parte dos Expedicionários da Saúde. Em nosso trabalho conjunto o grupo de médicos e colaboradores abriram as portas de sua organização, deram apoio e me acolheram durante a execução da expedição à Comunidade de Vila Nova, em São Gabriel da Cachoeira – AM.

Agradeço aos meus pais, que me iniciaram na educação e ainda hoje me incentivam na busca por novos conhecimentos e aos meus irmãos e familiares pela compreensão e carinho.

À minha esposa Luciana, que esteve presente e me apoiou durante toda a execução dessa dissertação e me inspira para a realização de novos trabalhos.

Ao amigo Jean Carlo Morassi, que me acompanhou na expedição e execução de várias etapas do trabalho, viabilizando a finalização desta pesquisa.

Dedico ainda um especial agradecimento aos grandes amigos e membros do GEPEA-USP, André Gimenes, Renata K. Manieri, Paulo Rangel, Luiz F. Kurahassi, Prof. Alberto Hernandez e todos os outros que muito me ajudaram.

Aos professores Luiz Cláudio Ribeiro Galvão e Miguel Bussolini pelas valiosas críticas e recomendações por oportunidade da qualificação e ao meu ilustre orientador Prof. Marco Saidel pela oportunidade que me ofereceu com este trabalho.

RESUMO

O auxílio a populações carentes de alguns benefícios modernos, alcançados pela humanidade, é uma prática de promoção da cidadania. Neste trabalho é abordado um estudo técnico sobre a execução de instalações elétricas temporárias em locais isolados que visa subsidiar a atividade desenvolvida por um grupo de médicos cirurgiões que levam atendimento às populações indígenas amazônicas.

O grupo “Expedicionários da Saúde” realiza desde 2004 expedições às comunidades amazônicas que buscam levar atendimento cirúrgico especializado às populações indígenas locais permitindo seu retorno à vida social, com a recuperação da visão e de outras habilidades essenciais para suas atividades.

Um diagnóstico das condições encontradas durante uma dessas expedições mostrou que muitas das falhas que normalmente atrapalham o bom andamento das atividades executadas podem ser corrigidas com ações simples e ao alcance da equipe.

As estratégias apresentadas em detalhes, como a implantação de ações de Eficiência Energética que reduzem a demanda energética, reduzem a grande necessidade de combustível e as dificuldades logísticas envolvidas no transporte dos energéticos, os cuidados na execução das instalações elétricas e dimensionamento dos grupos geradores, propiciam o aumento da disponibilidade do sistema elétrico, sua segurança e dos seus usuários e colaboram com o sucesso da expedição médica realizada.

ABSTRACT

The help to populations that need for some modern benefits, achievements of mankind, is a practice of promoting citizenship. This paper shows a technical study on the implementation of temporary electrical installations in isolated locations that is intended to subsidize the activity developed by a group of surgeons that take care of indigenous peoples of Amazonia.

The group "Expedicionários da Saúde" held since 2004 expeditions to the Amazon communities seeking to bring specialized surgical care to indigenous populations by allowing their return to social life, with recovery of vision and other skills essential for their activities.

A diagnosis of conditions found during one of these expeditions showed that many of the failures that often hinder the normal progress of activities can be corrected with simple actions that can be done by the team itself.

The strategies presented in detail, as the implementation of energy efficiency actions that reduce energy demand, reduce the large need for fuel and the logistical difficulties involved in its transporting, the cares in carrying out electrical installations and optimal sizing of generators, provide increasing the availability of the electrical system, its security and its users and collaborate with the success of the expedition doctor performed.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Região da “Cabeça do Cachorro”	15
Figura 2 - Densidade Demográfica do Brasil	16
Figura 3 – Vista superior de Rios Amazônicos	17
Figura 4 – Leitos por 1.000 habitantes em estabelecimentos de saúde, segundo as Unidades da Federação	18
Figura 5 - População beneficiada pelas expedições médicas.....	21
Figura 6 – Realização de cirurgia no Centro Cirúrgico Móvel	23
Figura 7 - Montagem do Centro Cirúrgico Móvel em Novembro de 2005	24
Figura 8 – Número de cirurgias e consultas realizadas pelos Expedicionários da Saúde.....	24
Figura 9 – Marcos das expedições realizadas pelos Expedicionários da Saúde	25
Figura 10 – Centro Cirúrgico Móvel montado sob cobertura contra a incidência direta dos raios solares	27
Figura 11 – Facoemulsificador em teste em laboratório da Escola Politécnica da USP.....	32
Figura 12 – Gerador Honda, ventilador e instrumentos à esquerda. À direita o Faco em primeiro plano	33
Figura 13 – Tela do software Anawin com as medições do analisador de energia.....	34
Figura 14 – Componentes harmônicas do sinal de corrente em stand by.....	35
Figura 15 – Equipe de médicos e colaboradores embarcando em avião cedido pela FAB	37
Figura 16 - Treinamento de Primeiros Socorros e riscos na Amazônia	37
Figura 17 – Local de instalação do gerador 1 de 7,2 kVA do Centro Cirúrgico.....	40
Figura 18 – Arranjo para medição de grandezas elétricas no gerador 2.....	40
Figura 19 – Arranjo para medição do gerador 3	41
Figura 20 – Esquema de distribuição de cargas e geradores do sistema elétrico	42
Figura 21 – Topologia do local com equipamentos, estruturas e distâncias	43
Figura 22 – Rio Xié visto da comunidade de Vila Nova.....	44

Figura 23 - Escola da comunidade de Vila Nova	44
Figura 24 - Vistas da estrutura central da comunidade de Vila Nova	45
Figura 25 - Conjunto utilizado para iluminação e tomada na barraca oftalmológica.....	46
Figura 26 – Exemplo de ligações emergenciais para utilização de gerador da comunidade	46
Figura 27 – Participação dos usos finais na Carga Instalada	48
Figura 28 – Participação no consumo desagregado por usos finais	52
Figura 29 - Iluminação incandescente: o tipo mais encontrado nas instalações	54
Figura 30 - Proteções contra incidência solar e material da barraca limitam a iluminação natural	55
Figura 31 - Lâmpadas utilizadas na Farmácia e no Refeitório	56
Figura 32 – Característica da partida dos aparelhos de ar condicionado: grande potência inicial	57
Figura 33 - Projeto Luminotécnico dos Consultórios	61
Figura 34 - Dados dimensionais dos Consultórios	61
Figura 35 - Projeto Luminotécnico do Almojarifado	62
Figura 36 - Dados dimensionais do Almojarifado	62
Figura 37 - Projeto Luminotécnico do Centro Cirúrgico Móvel	63
Figura 38 - Dados dimensionais do Centro Cirúrgico Móvel	63
Figura 39 - Projeto Luminotécnico para Cozinha.....	64
Figura 40 - Dados dimensionais da Cozinha	64
Figura 41 – Entrada da Farmácia.....	65
Figura 42 – Área de trabalho da Farmácia.....	65
Figura 43 - Projetos Luminotécnicos da Farmácia	65
Figura 44 - Dados dimensionais dos cômodos da Farmácia	66
Figura 45 - Projeto Luminotécnico do refeitório	66
Figura 46 - Dados dimensionais do Refeitório	67
Figura 47 - Projeto Luminotécnico da Tenda Oftalmológica	67
Figura 48 - Dados dimensionais da Tenda Oftalmológica.....	68
Figura 49 - Iluminação do Centro Cirúrgico trocada	69
Figura 50 – Medição simultânea da potência fornecida no gerador 1 e potência consumida no CCM.....	72

Figura 51 – Unifilar de Painel de Distribuição genérico sugerido.....	74
Figura 52 – Instalação de disjuntores e fiações expostas	75
Figura 53 - Efeitos fisiológicos diretos da eletricidade – [18] RTP 05 / página 14	77
Figura 54 - Representação de choques por contato direto e contato indireto – [18] RTP05 página 15	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo das medições realizadas durante ensaio em laboratório da USP	35
Tabela 2 – Características, cargas abastecidas e carregamento inicial dos geradores utilizados	38
Tabela 3 – Características, cargas abastecidas e carregamento definitivo durante a expedição acompanhada	39
Tabela 4 – Carga instalada na Barraca Oftalmológica	48
Tabela 5 – Carga instalada na Sala de Apoio / Informática	49
Tabela 6 – Carga instalada na Cozinha e Refeitório	49
Tabela 7 – Carga instalada na Farmácia	50
Tabela 8 – Carga instalada no Centro Cirúrgico Móvel	51
Tabela 9 – Panorama da iluminância nos ambientes	53
Tabela 10 – Iluminâncias adequadas conforme a norma NBR 5413.....	60
Tabela 11 – Iluminação implantada no Centro Cirúrgico Móvel.....	69
Tabela 12 – Variação da luminosidade para os principais projetos luminotécnicos	70
Tabela 13 – Variação da carga instalada para os principais projetos luminotécnicos	70
Tabela 14 – Queda de tensão e perdas em cabos	73
Tabela 15 – Cabos de alimentação indicados	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GEPEA	Grupo de Energia do Departamento de Engenharia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo;
ONG	Organização não governamental;
CCM	Centro Cirúrgico Móvel;
USP	Universidade de São Paulo;
FACO	Facoemulsificador;
FAB	Força Aérea Brasileira;
G1	Gerador 1;
G2	Gerador 2;
G3	Gerador 3;
Gcom	Gerador da comunidade;
DSEI	Distrito Sanitário Especial Indígena;
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica;
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho;
LED	Light Emitting Diode ou Diodo Emissor de Luz

Sumário

1.	O Desafio	13
1.1.	O local	14
1.2.	Problemas de Acesso à Saúde	17
1.3.	Estrutura do trabalho	19
2.	Os Expedicionários da Saúde.....	21
2.1.	Histórico de atuação	22
2.2.	Problemas enfrentados no local	26
2.3.	O papel da Energia Elétrica	28
3.	Dois Semanas na Amazônia	30
3.1.	Ensaio do Faciemulsificador	31
3.2.	Preparativos para a Expedição	36
3.3.	A montagem das Instalações	37
3.4.	Medições e identificação dos problemas	47
4.	Resultados da expedição e perspectivas de melhorias	58
4.1.	Faciemulsificador Corrigido	58
4.2.	Melhorias na iluminação.....	60
4.3.	Melhorias nos sistemas de ar condicionado e refrigeração.....	71
4.4.	Melhorias nas instalações elétricas	71
4.4.1.	A questão dos geradores	75
4.4.2.	Indicações sobre segurança das instalações	77
5.	Avaliação das melhorias implantadas nas expedições seguintes e compilação das principais indicações	79
5.1.	Panorama das melhorias obtidas	79
5.1.1.	Sistema de iluminação	79
5.1.2.	Geradores	80
5.1.3.	Instalação elétrica e eficiência energética	81
5.2.	Principais estratégias de atuação	82
5.2.1.	Dimensionamento dos Geradores	82
5.2.2.	Instalações elétricas e equipamentos de usos finais	83
6.	Conclusões	86
6.1.	Resultados	87

6.1.1. Sistema de Iluminação.....	87
6.1.2. Ar condicionado e refrigeração.....	88
6.1.3. Instalações elétricas.....	88
6.1.4. Outras indicações.....	89
6.2. Sugestões de aprofundamentos	90
7. Referências Bibliográficas.....	92

1. O Desafio

Em um local isolado no coração da floresta amazônica, a várias horas de barco da (pequena) cidade mais próxima, populações ribeirinhas estão à margem de quaisquer benefícios advindos dos avanços sociais e tecnológicos obtidos nos últimos séculos. O extrativismo é a maneira pela qual a população local se mantém e gozar das mínimas condições de saúde é um requisito obrigatório para que possam continuar com os hábitos próprios de sua sociedade. Problemas de saúde que causam déficit visual e redução da autonomia locomotora – problemas estes que não impossibilitam a vida dos habitantes de grandes centros urbanos – comprometem demasiadamente a sua vida normal, além do agravante de que essa população ribeirinha está longe do acesso a atendimentos médicos. Uma realidade árdua.

Tal situação também é a enfrentada pelas populações indígenas que se encontram numa situação muito delicada: garantir sua sobrevivência e a continuidade de sua cultura é um trabalho bastante difícil, uma vez que as terras onde se localizam são muito procuradas por madeireiras, garimpeiros, extratores vegetais e agricultores em geral, que quase sempre atuam de forma descontrolada e sem qualquer preocupação com os interesses locais e o desenvolvimento humano daquela região e sua população. Um exemplo destes conflitos por terras é a situação da Terra Indígena Raposa Serra do Sol que, mesmo tendo sido demarcada em 1998 e modificada em 2005 por decreto da Presidência da República, continuou convivendo com a luta entre indígenas e não indígenas pela posse de terras da área demarcada.

Buscando mudar esse histórico de conflitos, um grupo de profissionais de medicina desafia as limitações de acesso, infraestrutura e grandes distâncias envolvidas para prestar serviços médicos ambulatoriais e cirúrgicos através da montagem de um completo Complexo Médico – estruturado com centro cirúrgico, farmácia, esterilização e consultórios – em diferentes comunidades ribeirinhas duas vezes ao ano, em média. Os locais escolhidos são aqueles mais distantes dentro do território brasileiro e cuja população carece dos atendimentos médicos e cirúrgicos prestados.

O desafio de prover o acesso a saúde aos ribeirinhos, principalmente os atendimentos cirúrgicos que podem resgatar a dignidade do cidadão ao reintegrá-lo na sociedade, tem várias faces:

- Como levar os equipamentos médicos necessários para este atendimento a um local isolado no meio da floresta amazônica?
- Como criar toda a infraestrutura com locais adequados e disponibilidade de energia para realizar os atendimentos?
- Como levar o atendimento médico, que tem duração limitada e ocorre em local onde a população está extremamente dispersa, ao maior número de beneficiados possível?

Respondidas estas questões, que fazem parte do planejamento das atividades realizadas pela equipe de médicos e seus colaboradores, ainda existe a preocupação com a confiabilidade do Complexo Médico instalado, pois em casos de falhas de equipamentos, e estes estarão sujeitos a condições extremas de funcionamento, eles não poderão ser reparados.

Este é o rico cenário onde se deu o desenvolvimento deste trabalho, que tem por objetivo auxiliar o grupo Expedicionários da Saúde na ampliação dos atendimentos médicos através da operação eficiente do Micro Sistema Elétrico utilizado durante as expedições. Essa situação vivenciada no território amazônico brasileiro também é encontrada em outras regiões do planeta, de forma que as boas práticas aqui encontradas também podem ser úteis na solução de problema correlato em outras localidades.

1.1. O local

Várias são as áreas que carecem de atendimentos médicos e tem a população local vivendo em regiões distantes dos grandes centros, mas no caso da população indígena da Amazônia as dificuldades sofridas ganham uma proporção sem igual. Assim, as expedições médicas ocorrem prioritariamente nesta região, atendendo a comunidades do município de São Gabriel da Cachoeira – AM.

A expedição acompanhada atendeu à comunidade Vila Nova que fica bem próxima à fronteira tríplice entre Brasil, Colômbia e Venezuela, região

conhecida como “Cabeça do Cachorro”. Essa denominação se dá em virtude dos contornos da divisa dos territórios, que lembra a silhueta de uma cabeça de cachorro e pode ser verificada na figura 1. Esta figura apresenta ainda algumas localidades atendidas pelos Expedicionários da Saúde, entre elas a comunidade de Vila Nova onde ocorreu a expedição objeto deste estudo.

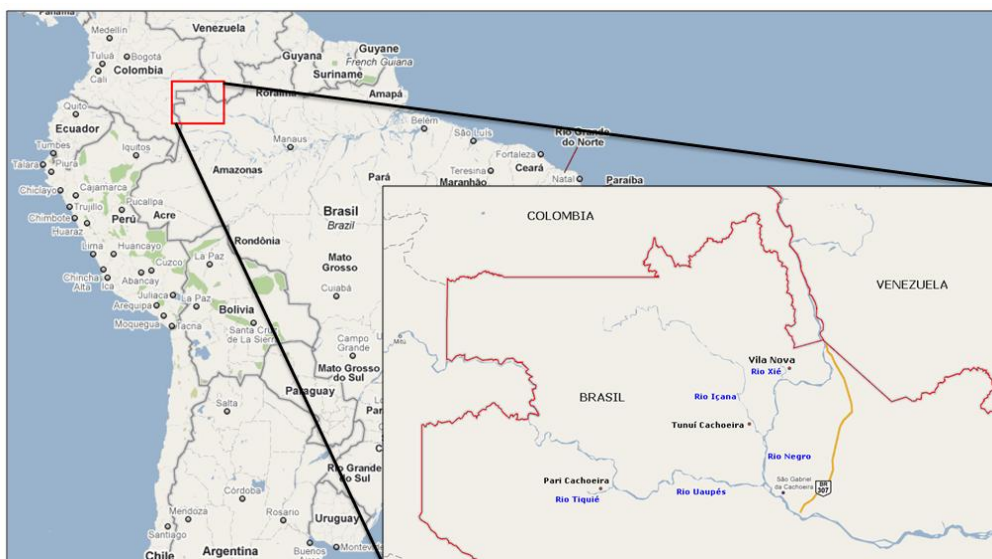


Figura 1 – Região da “Cabeça do Cachorro”

A densidade demográfica da região norte, figura 2, é de somente 3,31 hab/km² (IBGE 2000) [01], o que dificulta a implantação de estruturas médicas para o atendimento da população indígena. O município de São Gabriel da Cachoeira, por exemplo, possui, segundo [02] IBGE 2007, 39.129 habitantes numa área de 109.185,00 km², uma densidade de somente 0,36 habitantes por km².

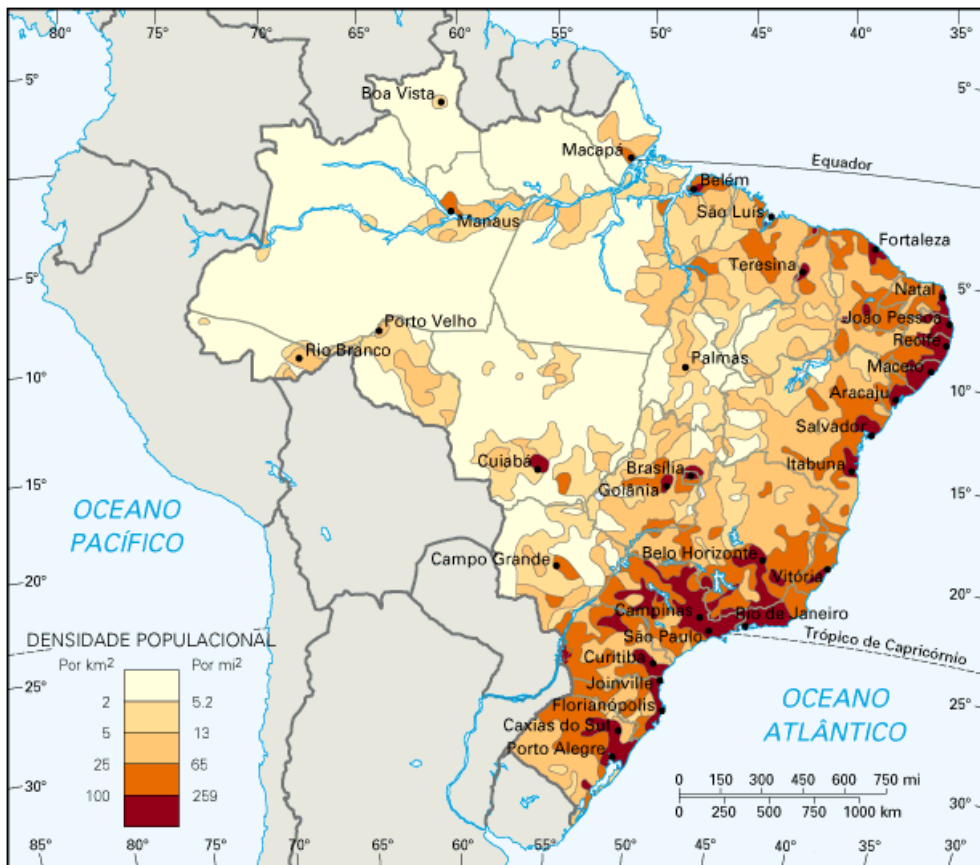


Figura 2 - Densidade Demográfica do Brasil

O meio de transporte é basicamente fluvial devido à grande quantidade de rios e presença de densa floresta (área de preservação ambiental) que se opõe à construção de estradas, figura 3. Mesmo a vasta rede fluvial apresenta suas limitações pois os rios passam por quedas d'água e em muitos trechos possuem calha bastante rasa, permitindo somente a passagem de pequenos barcos.



Figura 3 – Vista superior de Rios Amazônicos

1.2. Problemas de Acesso à Saúde

Vive-se uma época em que a humanidade conquistou grandes avanços científicos e tecnológicos que possibilitaram atingir alto grau de modernidade e qualidade do padrão de vida. Entretanto, a universalização do acesso aos avanços na área de medicina está longe de se concretizar, pois os altos custos de equipamentos e dos profissionais qualificados limitam o acesso à medicina especializada até mesmo a pessoas que vivem nos grandes centros urbanos. Essa situação fica ainda mais precária quando se está localizado em região remota, com acesso crítico e onde as cidades próximas contam com extrema carência no atendimento de saúde: os médicos normalmente presentes são todos clínicos gerais – devido à dificuldade em se atrair profissionais para essas regiões distantes – e os aparelhos necessários para exames, por exemplo, inexistem. Segundo a FUNASA [03], o senso sanitário realizado em 2.408 aldeias apontou a existência de Postos de Saúde em somente 37% das localidades.

Dados da Pesquisa de Assistência Médico-Sanitária de 2005 [04] (IBGE) comprovam a grande carência enfrentada na região amazônica quanto à

infraestrutura de saúde, conforme o levantamento de número de leitos por mil habitantes da figura 4 – Fonte Pesquisa AMS 2002/2005.

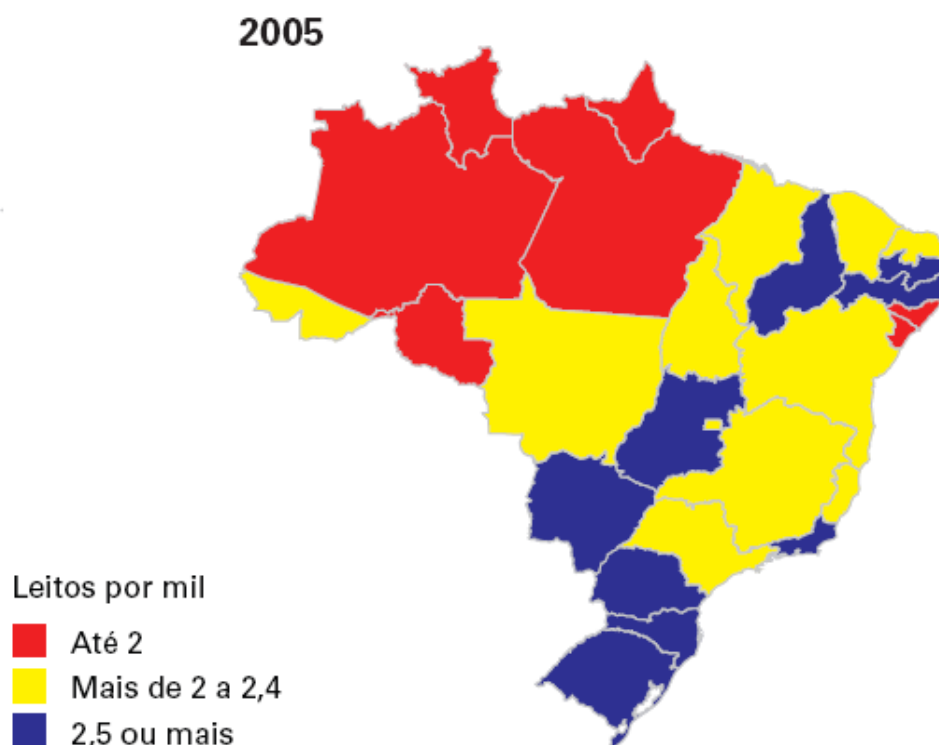


Figura 4 – Leitos por 1.000 habitantes em estabelecimentos de saúde, segundo as Unidades da Federação

A figura 4 mostra que a região Norte do Brasil apresenta um número máximo de 2 leitos para cada mil habitantes, contra 2 a 2,4 leitos em outros estados e mais de 2,5 leitos na região sul. Esses dados aliados à baixa densidade demográfica da região Norte implicam na ocorrência de vastas regiões que não contam com leitos para atendimento médico da população local.

Devido a caracterização de cultura baseada em atividades extrativistas, problemas em funções como visão e locomoção são as que possuem um impacto muito negativo à qualidade de vida dos ribeirinhos. Outras lesões causadas pelo forte esforço físico são comuns nessa população. Os atendimentos que buscam interiorizar a medicina no Brasil vêm sendo discutidos nacionalmente [05] e trabalhos que propiciem fundamentos técnicos para montagem da infraestrutura necessária a atividade médica nos locais onde ocorre a maior falta de serviços de saúde (e onde essa falta é mais danosa às populações locais) são essenciais.

1.3. Estrutura do trabalho

As atividades desse trabalho tiveram início no planejamento de uma das expedições médicas, conhecendo a equipe envolvida, as experiências adquiridas durante as jornadas anteriores e os principais problemas enfrentados: falhas intermitentes de equipamentos cirúrgicos que prejudicam o resultado das expedições e a qualidade do atendimento prestado; o reduzido número de geradores disponíveis durante as expedições, que torna crítica a disponibilidade do sistema elétrico; a qualidade e segurança da instalação elétrica executada; a necessidade de redução do consumo de combustível que é transportado a cada expedição; entre outros.

No capítulo 2 é apresentado o trabalho realizado pelos Expedicionários da Saúde, com histórico das expedições, evolução dos atendimentos e perspectivas e necessidades do grupo de médicos e sua equipe.

Inicialmente, através de reuniões, foram delineados os parâmetros para a colaboração entre equipe técnica dos Expedicionários e do GEPEA – Grupo de Energia do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – que envolveu a investigação e o diagnóstico do mau funcionamento de um dos principais equipamentos utilizado nas expedições: o Facoemulsificador, equipamento cirúrgico para correção da catarata que agiliza a recuperação dos pacientes ao reduzir o tamanho do corte necessário para quebra (emulsificação) do cristalino opacificado e retirada das suas partículas.

Além deste diagnóstico, o capítulo 3 apresenta detalhes da expedição em que o autor participou em Abril de 2008, o passo a passo do início desta expedição, o grande planejamento logístico necessário para o transporte das cargas e instrumentos, as condições encontradas na comunidade atendida – Vila Nova em São Gabriel da Cachoeira / AM – e os procedimentos tomados durante a expedição.

Os resultados da empreitada em conjunto com o grupo médico encontram-se no capítulo 4, com as oportunidades de melhorias levantadas durante a expedição e o ensaio de correção do equipamento Facoemulsificador.

Nas três expedições realizadas após o desenvolvimento deste trabalho algumas práticas apresentadas foram gradualmente incorporadas pela equipe técnica dos Expedicionários. Uma avaliação da consistência dessas ações e os resultados obtidos são apresentados no capítulo 5, juntamente com uma compilação das indicações e dos procedimentos consolidados após essa avaliação.

As conclusões do trabalho, bem como as possibilidades de aprofundamento nos estudos e novas abordagens vislumbradas durante a realização deste trabalho são apresentadas no capítulo 6.

2. Os Expedicionários da Saúde

Um grupo que enfrenta os diversos desafios oferecidos pela floresta amazônica durante a busca por levar atendimento médico especializado às populações ribeirinhas, formado por médicos de várias especialidades e outros colaboradores que viabilizam o trabalho desenvolvido é o Expedicionários da Saúde [06].

Durante uma expedição exploratória à região do Pico da Neblina, um grupo de médicos e empresários se deparou com as dificuldades enfrentadas pela população local em obter atendimento médico e decidiram organizar uma equipe para tentar minimizar aquela situação que levava esses povos a serem excluídos das atividades extrativistas próprias de sua comunidade e deixa-os à margem de sua sociedade. Dentre eles estavam o Dr. Ricardo Afonso e o Dr. Francisco Mais, que fundaram, atuam em todas as expedições e são alguns dos principais responsáveis pelo sucesso do grupo Expedicionários da Saúde.

A organização não governamental (ONG) “Expedicionários da Saúde” atua da seguinte forma: através de expedições médicas organizadas pela equipe formada por médicos e outros colaboradores, promove o atendimento cirúrgico e ambulatorial principalmente às populações indígenas em localidades isoladas da Amazônia Brasileira, figura 5. Tais expedições exigem grande planejamento logístico de pessoal, equipamentos e mantimentos, além da garantia de uma infraestrutura para realização das atividades médicas.



Figura 5 - População beneficiada pelas expedições médicas

A ONG monta nas localidades atendidas um verdadeiro complexo médico temporário capaz de prestar os principais atendimentos necessários à população local, com consultórios pediátricos, clínicos e oftalmológicos, centro cirúrgico capaz de abrigar dois atendimentos simultâneos, farmácia, esterilização e outras instalações para acomodação e mantimento da equipe de profissionais envolvidos na expedição. É realizado um contato prévio com cada comunidade que irá receber a expedição para planejamento da logística e do atendimento.

“No passado, os povos indígenas foram reduzidos demograficamente devido às grandes epidemias decorrentes dos contatos com a sociedade nacional. As epidemias de doenças infecciosas, que se seguiam imediatamente após o estabelecimento do contato permanente, constituíram a principal causa de aumento das taxas de mortalidade.”

(IBGE - Indicadores Sociodemográficos e de saúde no Brasil, 2009) [07]

O contato do homem da cidade com os povos indígenas promovido pelo grupo de médicos, ao contrário daquele contato quando o homem “civilizado” adentra a floresta em busca de riquezas e acaba por disseminar doenças e contaminar a cultura original, procura trazer benefícios à saúde dessa população sem promover grandes alterações em sua cultura, uma vez que esses povos não precisarão se deslocar a um grande centro urbano para receber o atendimento necessário e nem ficarão submetidos à cultura externa por um grande período. Toda a estrutura moderna, como geradores e instalação elétrica, é montada em caráter provisório e desmontada após o período de atendimento local, sempre com a preocupação em não causar grande intervenção e poluição ao ambiente virgem.

2.1. Histórico de atuação

Sempre preocupados com o ambiente em torno do local de atuação, os “Expedicionários da Saúde” já realizaram, desde 2004, 15 expedições em diferentes localidades (Alto Rio Negro, Alto Solimões, Tapajós e Parintins), que

totalizaram 2111 atendimentos cirúrgicos beneficiando várias etnias indígenas: Tukano, Tariano, Desano, Piratapuaia, Arapaso, Hupda, Baniwa, Tuyuka, Baré, Werekena, Cubeo, Ticuna, Sateré-Mawé e populações ribeirinhas. Esse é um trabalho sério que continua buscando recursos para poder aumentar o número de expedições e ampliar o benefício de promoção da saúde e cidadania para os povos indígenas. Além dos recursos financeiros, o apoio técnico em diferentes áreas do conhecimento é importante para colaborar no sucesso e qualidade dos atendimentos prestados, figura 6.



Figura 6 – Realização de cirurgia no Centro Cirúrgico Móvel

A primeira expedição ocorreu em fevereiro de 2004 e foram realizadas 52 cirurgias e 109 consultas durante os 15 dias de presença na localidade (distrito) de Iauaretê em São Gabriel da Cachoeira – Amazônia. O número de atendimentos está diretamente relacionado à aceitação da assistência por parte da população local e à capacidade de atendimento em virtude da infraestrutura organizada. Em novembro de 2004 a equipe médica retornou à Iauaretê e o número de atendimentos cresceu para 87 cirurgias e 155 consultas, resultado do conhecimento prévio da população proporcionado pela expedição anterior.

Durante as primeiras expedições os atendimentos cirúrgicos eram realizados em estruturas que serviam de abrigo para o Centro Cirúrgico, mas estas nem sempre estavam providas das condições mínimas para se evitar contaminações, por exemplo. Assim o Centro Cirúrgico Móvel – CCM – foi montado em uma barraca adaptada a esse fim, provendo o isolamento e condições de higiene necessárias para a execução das cirurgias, conforme a figura 7.



Figura 7 - Montagem do Centro Cirúrgico Móvel em Novembro de 2005

A realização de várias expedições trouxe experiência à equipe de logística, que promoveu mudanças e melhoramentos visando a ampliação dos atendimentos médicos prestados, que tem os resultados apresentados na figura 8.

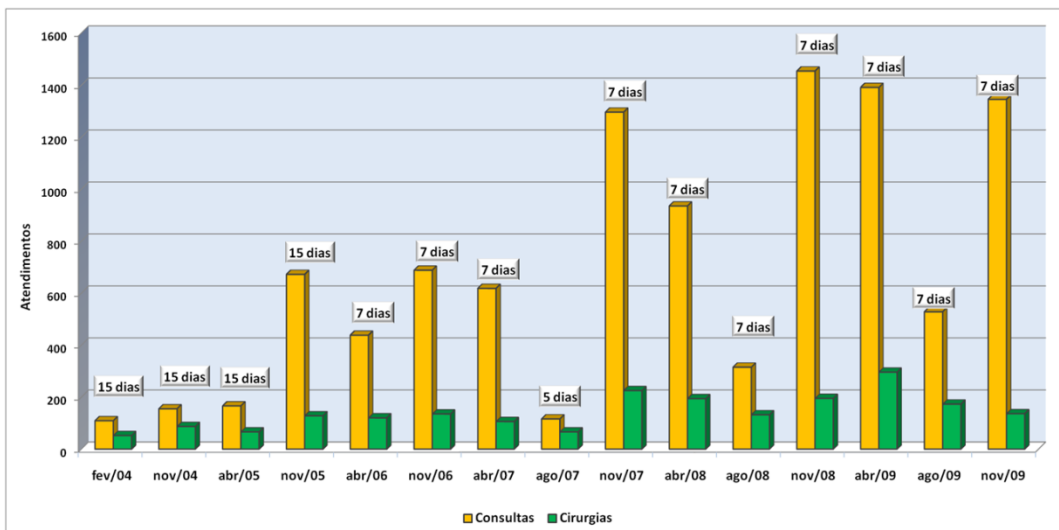


Figura 8 – Número de cirurgias e consultas realizadas pelos Expedicionários da Saúde

Conforme a figura 8, o número geral de atendimentos apresentou variações em algumas expedições. Tal fato se deve a mudanças implantadas, como o uso do Centro Cirúrgico Móvel com início em novembro de 2005, realização de expedições diferenciadas em agosto de 2007, novembro de 2007 e agosto de 2008, conforme indicações na figura 9.

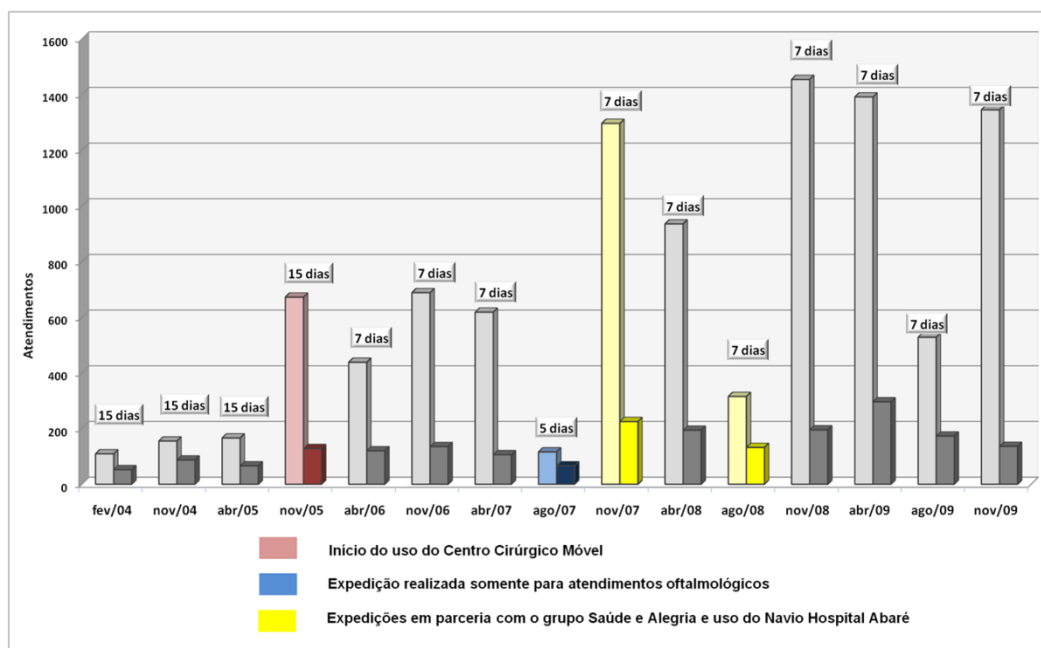


Figura 9 – Marcos das expedições realizadas pelos Expedicionários da Saúde

Fica claro pela figura 9 o aumento do número de atendimentos após o início do uso do CCM, mesmo com a mudança na duração das expedições para 7 dias a partir de abril de 2006. As expedições de novembro de 2007 e agosto de 2008 ocorreram em parceria com o Projeto Saúde e Alegria [08] que atua na área de saúde, organização comunitária, educação, cultura, etc. para comunidades ribeirinhas e rurais do Pará. Durante estas expedições conjuntas foi utilizado o Navio Hospital Abaré, que é provido de melhor infraestrutura como gerador elétrico de grande porte e sistema elétrico com alta disponibilidade e estabilidade.

Em agosto de 2007, ainda na figura 9, foi realizada uma expedição que contemplou somente atendimentos oftalmológicos e resultou em 116 consultas e 66 cirurgias.

2.2. Problemas enfrentados no local

Com a montagem da complexa estrutura médica durante as expedições em ambientes hostis, os problemas técnicos não podem ser solucionados rapidamente e a custos razoáveis. É necessário se manter equipamentos sobressalentes e combustível extra que garantam a continuidade das atividades durante os vários dias de trabalho. O desafio presente é o de conciliar as soluções aos problemas técnicos às grandes limitações logísticas enfrentadas e à necessidade de inúmeros equipamentos sobressalentes. O correto planejamento da infraestrutura que deve garantir a operação do Centro Cirúrgico Móvel e de todo o Centro Médico, com uso dos aspectos técnicos consolidados no meio e de práticas eficientes de consumo da energia elétrica, pode ser a chave para permitir o sucesso da atividade.

Um exemplo de melhoria foi a implantação de cobertura extra para a tenda do CCM. A figura 7 mostra que o Centro Cirúrgico é provido de aparelhos de Ar Condicionado para manutenção da temperatura e qualidade do ar no interior da barraca. Mas a barraca funciona como uma estufa, pois possui uma cobertura escura e quando exposto à radiação solar direta atinge altas temperaturas, obrigando o funcionamento ininterrupto do equipamento de ar condicionado com conseqüente maior consumo de energia e combustível. Ademais, esta situação acaba por deixar o equipamento de condicionamento de ar mais propenso a falhas que, principalmente na condição local onde qualquer sobressalente precisa ser transportado por longas distâncias e de forma demorada, são extremamente danosas ao bom andamento das atividades médicas.

A cobertura extra para o CCM reduziu as falhas dos aparelhos de Ar Condicionado e ampliou a qualidade do atendimento cirúrgico, figura 10.



Figura 10 – Centro Cirúrgico Móvel montado sob cobertura contra a incidência direta dos raios solares

A constante ampliação no número de atendimentos e o uso de equipamentos cirúrgicos e outros, doados e emprestados (equipamentos muitas vezes já com vários anos de utilização) fez crescer os problemas técnicos enfrentados e, de forma ainda maior, ampliar os impactos causados pelas dificuldades técnicas no bom andamento das atividades.

Um dos problemas enfrentados diz respeito à fonte energética utilizada durante as expedições. Os geradores de pequeno porte utilizados, movidos a óleo diesel e a gasolina, requerem o transporte de grande quantidade de combustível para garantir a continuidade das atividades durante todos os dias de atuação. Uma solução buscada pelo grupo de médicos foi o uso de formas alternativas de geração elétrica, capazes de reduzir o impacto ao meio ambiente e a necessidade de transportar e armazenar milhares de litros de combustível. Hoje, a equipe faz uso de pequenas “luminárias de jardim” abastecidas por energia solar e busca estudos de viabilidade para ampla utilização de energia solar fotovoltaica ou eólica, mas estas têm ainda uma viabilidade bastante limitada para as condições enfrentadas.

2.3. O papel da Energia Elétrica

Suprindo todas as atividades planejadas pelos Expedicionários está a energia elétrica que, com a falta de um cuidado especializado pode deixar de ser a grande facilitadora da empreitada (que permite o atendimento médico) e passar a ser considerada a grande vilã (levando a expedição a um fracasso). As atividades da ONG são baseadas fortemente no trabalho voluntário e na colaboração e doações de equipamentos de algumas empresas, situação que acaba por limitar o compromisso técnico no cuidado com os sistemas elétricos envolvidos.

A infraestrutura elétrica necessária para a realização das expedições não é simples: Todos os equipamentos utilizados no Centro Médico montado são movidos à energia elétrica, mas fornecimento de energia é extremamente escasso e de baixa qualidade nas poucas comunidades amazônicas em que está presente - segundo [09] no Estado do Amazonas somente 0,7% das 4.600 comunidades contabilizadas são supridas com energia elétrica por meio de concessionária responsável pela eletrificação dos municípios do interior amazonense.

A instalação elétrica realizada pela equipe nas comunidades, um verdadeiro sistema elétrico temporário, vai alimentar uma série de cargas complexas e que requerem certo nível de estabilidade: um centro cirúrgico provido de toda estrutura necessária para vários tipos de cirurgias, equipamentos de ar condicionado para garantia da qualidade do ar dentro do centro cirúrgico, autoclaves¹ para esterilização de instrumentos, etc. Outra preocupação é quanto a segurança da instalação elétrica realizada que, por seu caráter temporário, passa por muitas montagens e desmontagens que podem danificar os componentes utilizados.

Mesmo a logística responsável pelo transporte dos mantimentos, instrumentos, remédios, equipamentos cirúrgicos, etc. é prejudicada quando o consumo de energia é realizado em demasia: como toda energia consumida deve ser gerada a partir de geradores à gasolina e a diesel, o consumo elevado de energia elétrica resulta em toneladas de combustível para o transporte.

¹ Aparelho que utiliza vapor de água sob pressão e alta temperatura para esterilizar instrumentos e normalmente requer grande potência para seu funcionamento.

Daí a necessidade em se realizar uma abordagem geral frente ao sistema elétrico montado, com cuidados na execução das instalações elétricas, na escolha e dimensionamento dos geradores utilizados, no dimensionamento da iluminação sem exageros e buscando a qualidade necessária à atividade desenvolvida, nos benefícios de se incorporar a eficiência energética como prática fundamental.

A seguir apresenta-se o desenvolver desse trabalho conjunto que incluiu o acompanhamento de uma expedição na Amazônia em abril de 2008, numa jornada que teve a duração de duas semanas acompanhando a expedição - envolvendo os trabalhos de finalização da montagem das instalações elétricas e operação das instalações durante a prestação do atendimento cirúrgico – mas se iniciou com atividades de avaliação de equipamentos e planejamento em geral.

3. Duas Semanas na Amazônia

O grupo Expedicionários da Saúde buscou auxílio especializado para solução das falhas de equipamentos e melhoria das instalações elétricas e utilização da energia com o GEPEA que atua com pesquisas nas áreas de eficiência energética, sistemas de potência e geração elétrica alternativa.

A proposta de trabalho foi de participar do planejamento de uma expedição, realizar um diagnóstico energético *in loco* do micro sistema elétrico instalado pelos Expedicionários em cada comunidade atendida para identificar o perfil de carga do CCM e outros equipamentos utilizados. A partir desses dados coletados através de analisadores de energia as estratégias de atuação frente aos problemas enfrentados podem ser mais eficazes.

Para o planejamento da atuação conjunta foram realizadas reuniões onde também puderam ser identificados os principais problemas que ocorriam durante as Expedições.

Uma das intervenções cirúrgicas que mais beneficia a população local é a cirurgia de catarata: a devolução da capacidade de visão aos ribeirinhos significa a possibilidade de se reintegrar à sociedade. O equipamento muito usado na cirurgia de catarata durante as expedições é o Facoemulsificador, que reduz a gravidade da intervenção no olho do paciente e melhora o processo de recuperação [10]. Esse equipamento, emprestado por um colaborador, apresentou funcionamento intermitente durante as expedições que fizeram uso do micro sistema elétrico com geradores de pequeno porte.

A primeira etapa dos trabalhos realizados envolveu um ensaio em laboratório da Escola Politécnica da USP do equipamento Facoemulsificador em conjunto com um gerador de pequeno porte de grande estabilidade de frequência e tensão. Com o uso de equipamentos de medição ocorreu a tentativa de identificar o problema do funcionamento intermitente do Facoemulsificador.

3.1. Ensaio do Facoemulsificador

O relato de problemas no funcionamento do aparelho Facoemulsificador era de que este apresentava operação normal quando utilizado em local com sistema elétrico robusto, como na cidade de São Paulo – onde o equipamento era normalmente utilizado – em São Gabriel da Cachoeira/AM ou mesmo no Navio Hospital Abaré – que era provido de gerador diesel de grande porte. Porém, quando o equipamento era levado para as aldeias onde eram realizados os atendimentos cirúrgicos, sua utilização ficava impossível devido ao funcionamento intermitente. Nessas ocasiões a fonte de energia elétrica eram os pequenos geradores transportados pelos próprios expedicionários – equipamentos quase sempre emprestados ou doados para a equipe.

Entendendo que o problema do aparelho estava ligado à má qualidade da energia fornecida pelos geradores a diesel e à gasolina comumente utilizados, estava planejada a aquisição por parte dos Expedicionários de um novo gerador à gasolina de pequeno porte e energia estável para fornecimento energético exclusivamente para os equipamentos mais importantes. Em um laboratório da Escola Politécnica, figura 11, foi realizada a montagem de uma unidade similar ao novo gerador pretendido juntamente com o equipamento Facoemulsificador utilizado nas expedições.

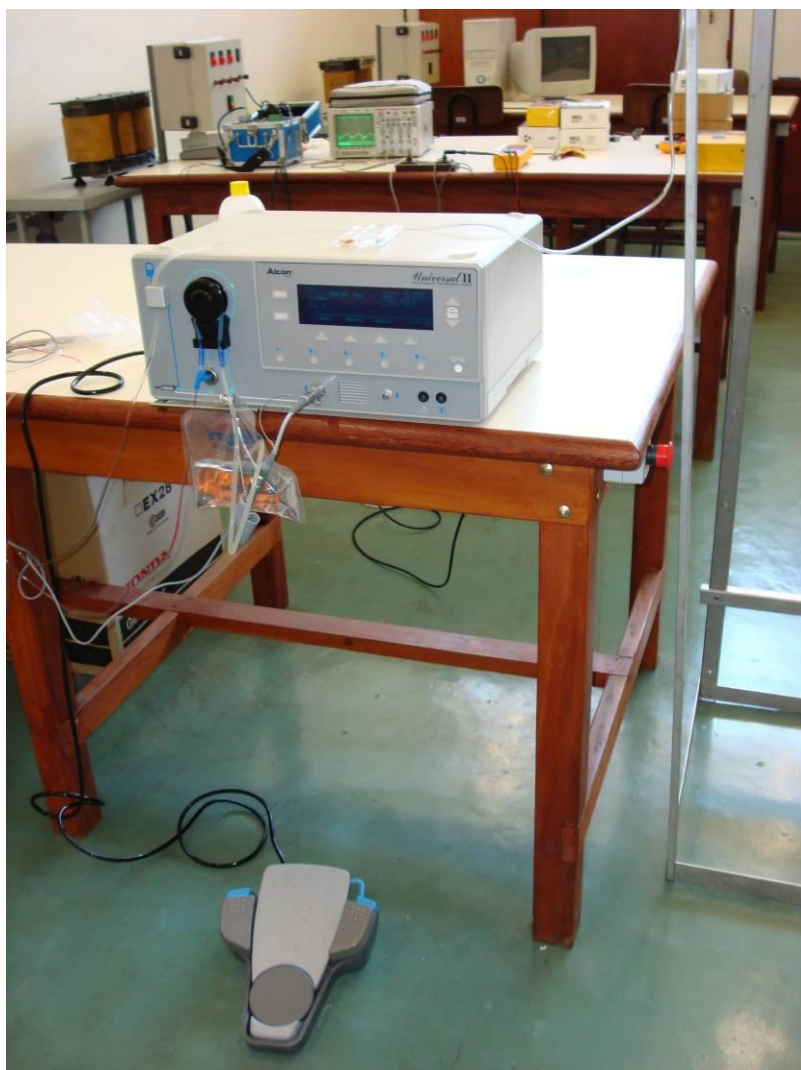


Figura 11 – Facoemulsificador em teste em laboratório da Escola Politécnica da USP

Os testes planejados consistiam em realizar medições de consumo energético e qualidade da energia ao se alimentar o Facoemulsificador, ou simplesmente Faco, com energia da rede elétrica e com energia do gerador de pequeno porte. O tempo disponível para os ensaios foi bastante curto devido à logística de envio dos equipamentos para São Gabriel da Cachoeira/AM.

A avaliação do equipamento para cirurgias de catarata operando em conjunto com o gerador Honda com estabilização de tensão – figura 12 – apresentou um resultado ótimo, sem ocorrência de falhas durante o tempo em que o aparelho ficou alimentado e operou simulando seu uso natural.



Figura 12 – Gerador Honda, ventilador e instrumentos à esquerda. À direita o Faco em primeiro plano

O gerador utilizado era o Honda EU30is [11], monofásico e apresentava potência nominal de 2,8 kVA, tensão de 120V e corrente nominal de 23,4 A. Para avaliarmos algumas condições de operação foram utilizadas outras cargas além do Facoemulsificador. Os testes ocorreram com o equipamento em “stand by” e operando normalmente com o gerador nas seguintes condições:

- Vazio: o Facoemulsificador era a única carga elétrica ligada ao gerador;
- Carga simples: além do Facoemulsificador também foi ligado ao gerador um ventilador para ampliar a carga demandada;
- Carga deformante: além do Facoemulsificador e do ventilador, foi ligado ao gerador também um computador pessoal;

As medições realizadas com Osciloscópio e Analisadores de Energia RMS [12] para a situação onde o Facoemulsificador era a única carga do gerador apontaram a ocorrência de correntes com componentes harmônicas e certa deformação na forma de onda de tensão (figura 13), entretanto, estas ocorrências não implicaram no acontecimento de falhas de operação do equipamento.

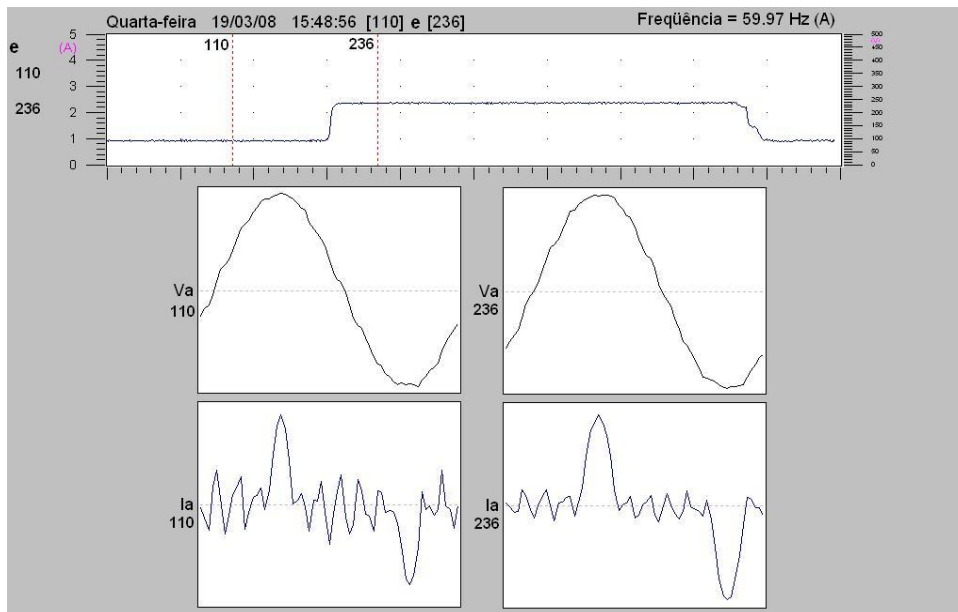


Figura 13 – Tela do software Anawin com as medições do analisador de energia

A figura 13 apresenta a tela do software Anawin, utilizado para visualização e estudo dos dados armazenados no Analisador de Energia RMS. O gráfico da parte superior mostra a curva de carga obtida com a medição do Facoemulsificador em duas situações:

- “Stand by”: A corrente medida foi de 0,93 A;
- Operação normal: A corrente medida foi de 2,36 A.

As linhas vermelhas verticais no gráfico da curva de carga, parte superior da figura 13, mostram os momentos (instantes 110 segundos e 236 segundos) onde são amostrados os sinais apresentados nos quadros da parte inferior da figura. As curvas apresentadas na parte inferior da figura são médias dos sinais calculadas para os instantes indicados na curva de carga.

Os quadros Va e Ia da esquerda apresentam as curvas de tensão e corrente, respectivamente, durante a situação em que o Facoemulsificador está em “stand by” (instante 110 segundos). Já os quadros Va e Ia da direita apresentam as curvas de tensão e corrente durante a situação em que o Facoemulsificador está em funcionamento (instante 236 segundos).

As curvas de tensão registradas apresentam bom aspecto senoidal, enquanto as curvas de corrente apontam para distorções próprias da fonte interna do Facoemulsificador. Entretanto, já é possível perceber visualmente que a curva de corrente da direita (aparelho em operação normal) apresenta uma componente harmônica menor que a curva obtida com o aparelho em

stand by. A figura 14 apresenta como o software Anawin apresenta o detalhamento das componentes harmônicas dos sinais amostrados, neste caso são apresentadas as componentes harmônicas do sinal de corrente do aparelho em “stand by”.

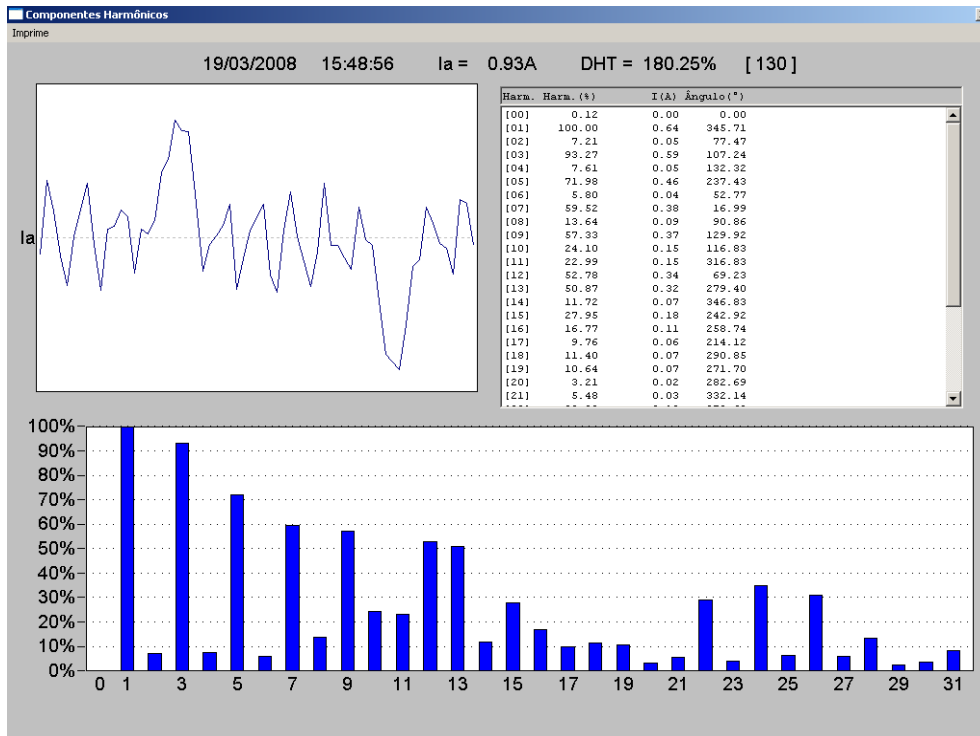


Figura 14 – Componentes harmônicas do sinal de corrente em stand by

A tabela 1 apresenta o resumo dos principais resultados obtidos nas medições realizadas. Em todas as situações o Facoemulsificador funcionou perfeitamente.

Tabela 1 – Resumo das medições realizadas durante ensaio em laboratório da USP

Situação	Cargas ligadas no Gerador	Operação do Facoemulsificador	Corrente (A)	% de Harmônicas
1	Só Faco	Stand by	0,93	180
2		Operando	2,36	113
3	Ventilador e Faco	Stand by	2,02	42
4		Operando	3,29	62
5	Ventilador, computador e Faco	Stand by	2,79	68
6		Operando	4,00	76

Para se minimizar as componentes harmônicas e seus malefícios foi recomendado que o Facoemulsificador não fosse a única carga conectada no gerador e que se realizasse uma manutenção preventiva do Faco pela empresa fabricante. Essa manutenção, que foi negociada e se concretizou após a realização da expedição, é apresentada no item 4.1.

Outro fator no qual o gerador Honda apresentou ótimo resultado foi na questão do ruído emitido que, mesmo em operação no interior de um laboratório, não atrapalhava sequer a conversa entre as pessoas próximas: a especificação do fabricante aponta para nível de ruído (a 7 metros do gerador) de 58 dB. Dessa forma, a compra do gerador Honda de 2,8 kVA foi realizada a tempo da sua utilização na expedição de abril de 2008.

3.2. Preparativos para a Expedição

Além do ensaio com o Facoemulsificador, a participação do GEPEA na expedição contou com a disponibilização de analisadores de energia, osciloscópios, notebooks, multímetros, luxímetros e conjuntos de luminárias (luminária, reator e lâmpadas) fluorescentes de alta eficiência para avaliação *in loco* de medidas para aumento da eficiência.

A crítica questão da logística obrigou que todos os instrumentos utilizados na expedição partissem com mais de 30 dias de antecedência para a sede dos Expedicionários, em Campinas, para viabilizar o transporte, por meio da empresa aérea que doa o serviço, até Manaus – AM. De Manaus até São Gabriel da Cachoeira – AM o transporte é realizado em avião da FAB – Força Aérea Brasileira (figura 15), que também colabora com a iniciativa.



Figura 15 – Equipe de médicos e colaboradores embarcando em avião cedido pela FAB

Os preparativos para a expedição também incluíram palestras sobre todos aspectos envolvidos na viagem, como o contato com a cultura indígena, os cuidados necessários para reduzir os riscos da estadia no ambiente da floresta amazônica e noções de primeiros socorros (figura 16).



Figura 16 - Treinamento de Primeiros Socorros e riscos na Amazônia

3.3. A montagem das Instalações

O início dos trabalhos na comunidade indígena de Vila Nova, às margens do rio Xié, se deu quando a equipe de colaboradores dos Expedicionários ainda estava montando as instalações médicas, realizando o lançamento de cabos, conexão dos geradores, tomadas, lâmpadas, etc.

Inicialmente acompanhou-se a finalização da montagem das instalações e o estabelecimento do carregamento dos geradores. A configuração inicialmente planejada, apresentada na tabela 2, procurava não sobrecarregar os geradores e otimizar o consumo dos combustíveis disponíveis – gasolina e óleo diesel. Contudo, no momento do teste do gerador trifásico de 12 kVA este funcionou somente por poucos minutos antes de apresentar falha mecânica com quebra do eixo, o que deixou o gerador totalmente fora de operação.

Tabela 2 – Características, cargas abastecidas e carregamento inicial dos geradores utilizados

Gerador	Características	Ambientes/Cargas	Carga instalada (W)
G1	- Trifásico; - 12 kVA; - Regulação eletrônica de tensão e velocidade; - Óleo Diesel.	Centro cirúrgico com ar condicionado e autoclaves	7.658
G2	- Trifásico; - 7,2 kVA; - Gasolina	Cozinha da equipe médica e instalações dos consultórios, farmácia e barraca oftalmológica	3.004
G3	Trifásico; 7,2 kVA; - Gasolina.	Bomba d' água, cozinha dos pacientes e pós operatório	1.804
G4	Bifásico; 2,8 kVA; 220 V; - Gasolina; - Regulação eletrônica.	Facoemulsificador e aparelhos cirúrgicos importantes	170

Com a necessidade de remanejamento das cargas, a cozinha dos pacientes (com carga total de 600 W) deixou de ser abastecida pelos geradores usados na expedição, o que aconteceria em caráter de doação e também para não manter o gerador com baixo carregamento.

A nova configuração estabelecida é apresentada na tabela 3.

Tabela 3 – Características, cargas abastecidas e carregamento definitivo durante a expedição acompanhada

Gerador	Características	Ambientes/Cargas	Carga instalada (W)
G1	- Trifásico; - 7,2 kVA; - Gasolina.	Centro cirúrgico com ar condicionado	4.558
G2	- Trifásico; - 7,2 kVA; - Gasolina.	Cozinha da equipe médica e instalações dos consultórios, barraca oftalmológica, autoclaves e bomba d' água	11.740* (6.036)
G3	- Bifásico; - 2,8 kVA; - 220 V; - Gasolina; - Regulação Eletrônica.	Facoemulsificador e aparelhos cirúrgicos importantes	300

* A operação das cargas conectadas ao gerador 2 estava limitada a uma demanda de 6.036W com o controle impossibilitando o funcionamento simultâneo das cargas

O gerador 1, apresentado na figura 17, abasteceu as principais cargas da expedição, os equipamentos do CCM. Por se tratar de cargas prioritárias o carregamento deste gerador não foi tão alto e ficou em 63%.



Figura 17 – Local de instalação do gerador 1 de 7,2 kVA do Centro Cirúrgico

Para o segundo gerador de 7,2 kVA foram estabelecidas regras para contenção da demanda de energia, evitando-se a simultaneidade na ligação da bomba d'água, autoclaves e o aparelho de ar condicionado da barraca oftalmológica, o que limitou a demanda máxima no gerador a 6,04 kW com carregamento de 84%. O gerador 2 é apresentado na figura 18, ao lado do gerador utilizado pela comunidade.



Figura 18 – Arranjo para medição de grandezas elétricas no gerador 2

O gerador 3 representado na figura 19 ficou com baixo carregamento, 6% somente, pois o principal objetivo deste equipamento era prover energia estável para o Facoemulsificador.



Figura 19 – Arranjo para medição do gerador 3

A configuração final do sistema montado pode ser melhor visualizado na figura 20 que apresenta a topologia do sistema elétrico.

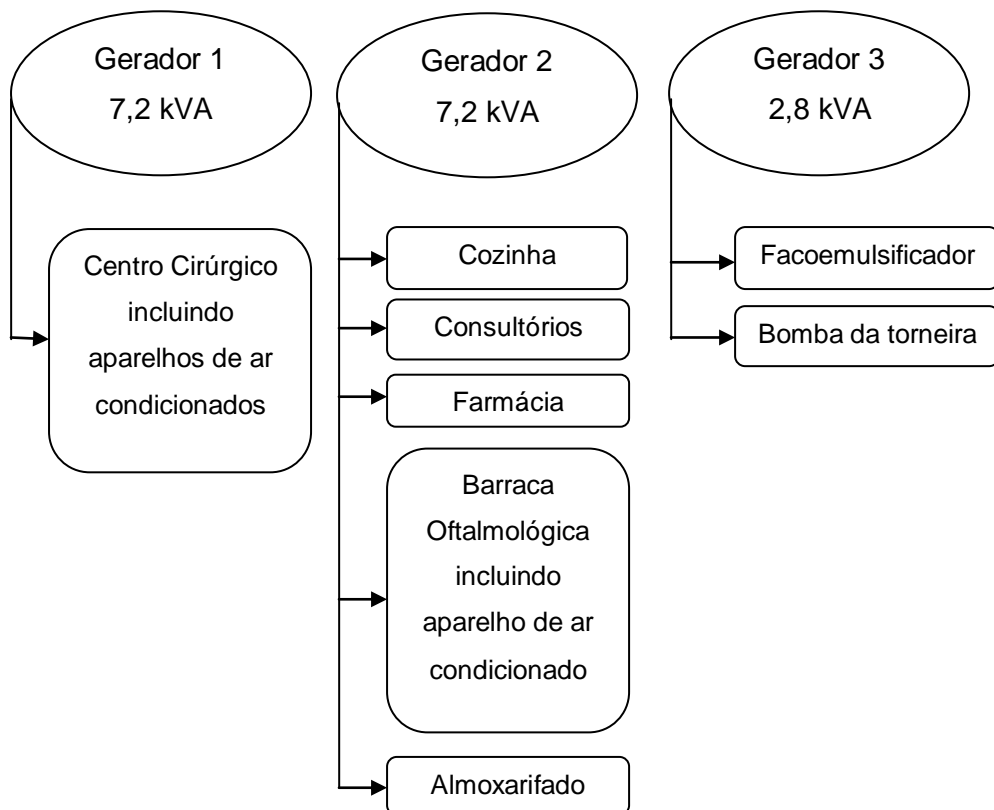


Figura 20 – Esquema de distribuição de cargas e geradores do sistema elétrico

O leiaute da aldeia e estruturas montadas aponta para outro problema: para se evitar manter o intenso barulho dos geradores próximo às cargas (principalmente Centro Cirúrgico) estes são acomodados a grandes distâncias do local de trabalho, causando o inconveniente do lançamento de cabos de distribuição da energia por comprimentos acima dos normatizados. A figura 21 apresenta a distribuição das estruturas na Aldeia de Vila Nova.

- 03 – Barraca para atendimentos oftalmológicos, consultas e pequenas intervenções cirúrgicas;
- 04 – Consultórios para atendimentos clínicos diversos, com destaque para os atendimentos pediátricos;
- 05 – Estrutura montada pela comunidade para abrigar o Centro Cirúrgico Móvel, oferecendo proteção contra a incidência solar direta;
- 06 – Barracas que compõem o Centro Cirúrgico Móvel;
- 07 – Cozinha utilizada pelos Expedicionários;
- 08 – Nesta estrutura localizava-se a Farmácia, a Esterilização e o Expurgo;
- 09 – Almojarifado com um ponto único de iluminação e utilizado também pelas equipes técnicas que acompanhavam a expedição: cinegrafistas, fotógrafos e engenheiros;
- 10 – Base utilizada pelos integrantes do DSEI – Distrito Sanitário Especial Indígena;
- 11 – Quadra de voleibol da comunidade;
- 12 – Alimentador do CCM ao G1: cabo multipolar PP de 2,5 mm²;
- 13 – Alimentadores conectados ao G2: cabos multipolares PP de 2,5 mm²;
- 14 – Rio Xié;
- 15 – Floresta Amazônica.

As linhas vermelhas da figura 21 representam os caminhos de passagem dos cabos de distribuição elétrica.



Figura 22 – Rio Xié visto da comunidade de Vila Nova



Figura 23 - Escola da comunidade de Vila Nova



Figura 24 - Vistas da estrutura central da comunidade de Vila Nova

A figura 22 apresenta o rio Xié, que margeia a comunidade de Vila Nova, a figura 23 apresenta a escola que serviu de abrigo para os integrantes da expedição e na figura 24 o galpão central que serviu de abrigo para a barraca oftalmológica e para os consultórios de atendimento.

As instalações elétricas são realizadas em caráter temporário e necessitam de flexibilidade para montagem e desmontagem sem causar grandes perdas de materiais como cabos, conectores, interruptores, etc. Os Expedicionários já vêm desenvolvendo maneiras de conseguir essa flexibilidade, conforme o conjunto de iluminação da figura 25, que possuem cabos em comprimentos definidos e suportes nos interruptores e soquetes para encaixe direto na estrutura das barracas.



Figura 25 - Conjunto utilizado para iluminação e tomada na barraca oftalmológica

Entretanto nem sempre é possível manter as instalações em boas condições devido aos imprevistos que ocorrem. Um exemplo dessa situação foi a quebra do gerador a diesel no início das atividades. O gerador da comunidade (Gcom) foi utilizado de maneira emergencial para esta expedição e a forma como sua ligação foi realizada, conforme a figura 26, dá uma idéia de como são realizadas as instalações temporárias: cabos, disjuntores e emendas sujeitos às chuvas diárias da região.



Figura 26 – Exemplo de ligações emergenciais para utilização de gerador da comunidade

De uma forma geral os cabos utilizados na distribuição de energia elétrica são instalados de forma aérea ou lançados no solo sem a construção de valetas para enterrar os cabos. A grande maioria das conexões ainda é realizada através de emendas, sem o uso de conexões rápidas padronizadas.

3.4. Medições e identificação dos problemas

De uma forma geral os equipamentos apresentaram um bom funcionamento e uma avaliação das condições encontradas e ações tomadas durante a expedição é apresentada no capítulo 4.

Um problema que continuou atrapalhando o andamento das atividades cirúrgicas foi o aparelho Facoemulsificador, que funcionou a contento somente na primeira manhã de uso: depois de algumas horas de utilização passou a apresentar o funcionamento intermitente já reportado pelos médicos. Após o encerramento das cirurgias daquele dia foram realizadas novas leituras com os analisadores de energia, mas nesse teste o aparelho funcionou normalmente de forma que não conseguimos registrar o que acontecia durante uma falha. Com esta falta de previsibilidade do funcionamento do aparelho ele não foi mais utilizado durante esta expedição. No item 4.1 é apresentado o ensaio realizado após a expedição quando o equipamento foi corrigido e pôde voltar a ser utilizado normalmente durante as expedições seguintes.

O gerador 3, com a falha do Facoemulsificador, passou a alimentar outros equipamentos do CCM que podiam ser ligados em 220V e, assim, obteve-se um carregamento mais adequado dos geradores ficando o gerador 1 = 63%, gerador 2 = 71% (com cuidados para ligação de cargas simultâneas) e gerador 3 = 32%.

Para a correta identificação das alternativas para atuação, foram realizados levantamentos de cargas e seus hábitos de uso, além de medições de grandezas elétricas com o uso de analisadores de energia modelo RMS.

A figura 27 apresenta o gráfico de pizza da participação da capacidade instalada por tipo de equipamento em Vila Nova (Abril/2008), sendo a carga total instalada de 18,9 kW.

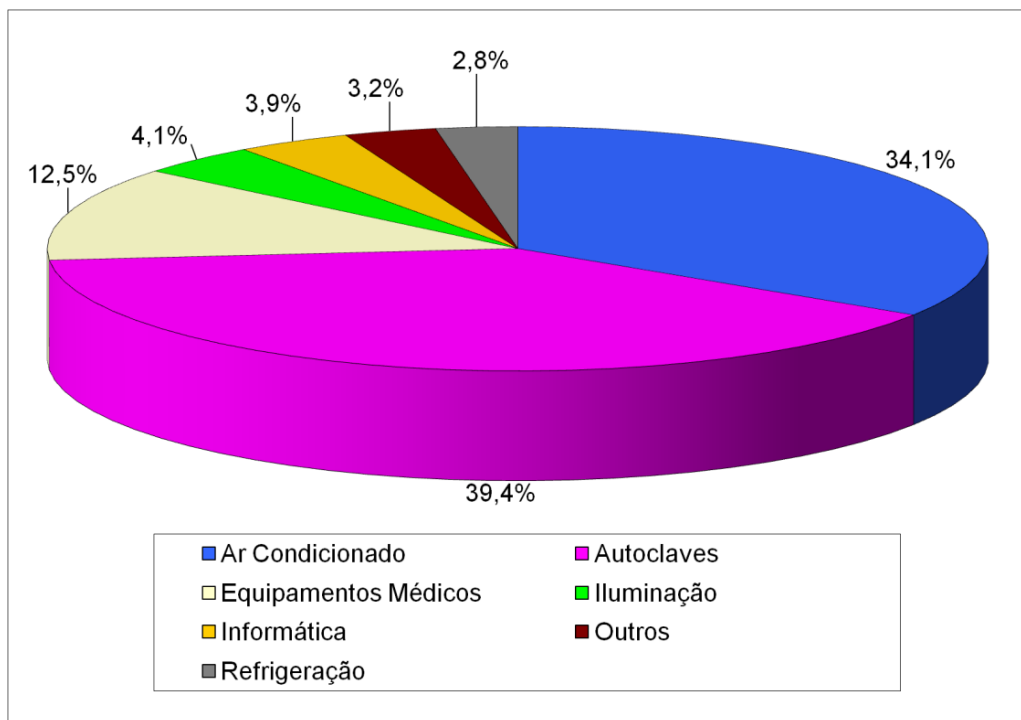


Figura 27 – Participação dos usos finais na Carga Instalada

Os levantamentos de cargas elétricas utilizadas por ambientes são apresentados nas tabelas a seguir.

Tabela 4 – Carga instalada na Barraca Oftalmológica

Aparelho	Potência	Quantidade	Potência Instalada (W)
Lâmpada Incandescente	60 W	2	120
Lâmpada de Fenda	30 W	1	30
Ventilador	72 W	1	72
Ar condicionado	18.000 BTU	1	2.000
Foco Oftalmológico	50 W	1	50
TOTAL			2.272

As cargas instaladas da Barraca Oftalmológica totalizaram 2.272 W, com grande participação do aparelho de ar condicionado de 18.000 BTU.

Tabela 5 – Carga instalada na Sala de Apoio / Informática

Aparelho	Potência	Quantidade	Potência Instalada (W)
Lâmpada Incandescente	60 W	1	60
Notebook	100	1	100
TOTAL			160

A Sala de Informática foi um local utilizado pelos fotógrafos, cinegrafistas e equipe do GEPEA, que participaram da expedição, para armazenamento em mídia das informações coletadas e, não apresentando cargas significativas, totalizou carga instalada de 160 W.

Tabela 6 – Carga instalada na Cozinha e Refeitório

Aparelho	Potência	Quantidade	Potência Instalada (W)
Freezer Horizontal	300 W	2	600
Liquidificador	400 W	1	400
Lâmpada Incandescente	60 W	2	120
Geladeira	200 W	1	200
Lâmpada Fluorescente Tubular	20 W	2	40
Bomba D'água do Poço	1,5 CV	1	1.100
TOTAL			2.460

Na área da Cozinha e Refeitório também ficava ligada a Bomba D'água do Poço que abastecia o pessoal da expedição, totalizando uma carga instalada de 2.460 W.

Tabela 7 – Carga instalada na Farmácia

Aparelho	Potência	Quantidade	Potência Instalada (W)
Lâmpada Incandescente	60 W	3	180
Notebook	100 W	2	200
Computador	100 W	1	100
Ventilador	72 W	1	72
Autoclave	1.200 W	2	2.400
Autoclave	1.600 W	1	1.600
Autoclave Vertical	1.500 W	2	3.000
Lâmpada Fluor. Tubular	20 W	1	20
CD Player	20 W	1	20
Lâmpada Fluor. Tubular	20 W	1	20
TOTAL			7.632

Na área classificada como Farmácia, além desta também estavam localadas a Esterilização e o Expurgo. As principais cargas instaladas desta área são as Autoclaves, que com seus 5 equipamentos contribuem fortemente para a carga instalada de 7.632 W.

Tabela 8 – Carga instalada no Centro Cirúrgico Móvel

Aparelho	Potência	Quantidade	Potência Instalada (W)
Bomba D'água da torneira	20 W	1	20
Lâmpada Incandescente	60 W	1	60
Lâmpada Incandescente	100 W	1	100
Ar Condicionado	18.000 BTU	2	4.000
Aspirador Cirúrgico	68 W	1	68
Bisturi	500 W	1	500
Bisturi	1.100 W	1	1.100
Facoemulsificador	150 W	1	150
Foco Cirúrgico	150 W	1	150
Monitor Cardíaco	240 W	1	240
TOTAL			6.388

O Centro Cirúrgico Móvel – CCM – é considerado o coração da expedição e apresenta como principais cargas os aparelhos de ar condicionado e equipamentos cirúrgicos, totalizando uma carga de 6.388 W.

Como alguns equipamentos ficam ligados praticamente o dia inteiro enquanto outros têm uso intermitente, obtemos o gráfico de pizza do consumo desagregado da instalação, apresentado na figura 28.

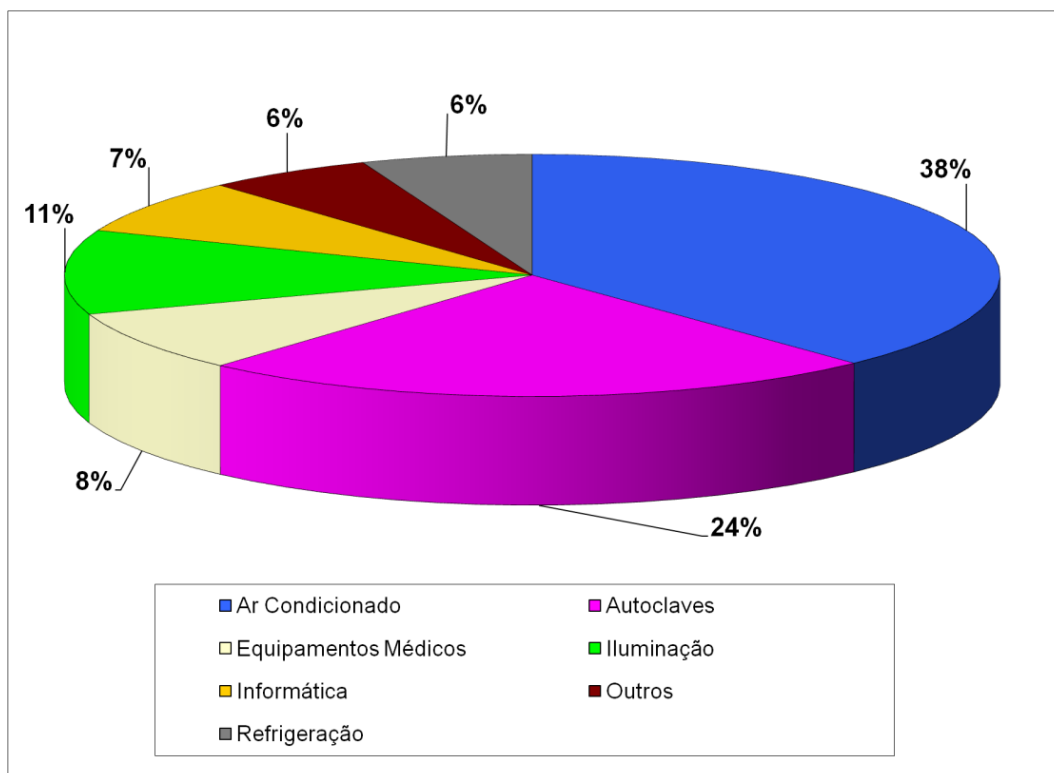


Figura 28 – Participação no consumo desagregado por usos finais

Os principais usos finais encontrados, apresentados no gráfico da figura 28, foram o ar condicionado representando 38% do consumo de energia e a esterilização de instrumentos com as autoclaves representando 24%. Os sistemas de iluminação (com 11%), os equipamentos médicos (com 8%) e equipamentos de informática (com 7%) e os aparelhos de refrigeração e outros (com 6% cada um) são os outros usos finais relacionados.

Iluminação

Tabela 9 – Panorama da iluminância nos ambientes

Local	Tipo de Lâmpada	Quantidade	Potência Instalada	Iluminância Medida
Centro Cirúrgico	Incandescente 60 W	1	160 W	50 lux
	Incandescente 100 W	1		
Tenda Oftalmológica	Incandescente 60 W	2	120 W	100 lux
Consultórios	Fluorescente tubular 20 W	3	180 W	40 lux
Farmácia	Incandescente 60 W	4	240 W	50 lux
Esterilização	Fluorescente tubular 20 W	1	21 W	40 lux

Os levantamentos realizados durante a expedição apresentaram um panorama geral de ambientes mal iluminados, tabela 9, e ampla utilização de lâmpadas incandescentes, figura 29, além da utilização em alguns ambientes de lâmpadas fluorescentes tubulares de 20 W com luminárias de baixa eficiência.



Figura 29 - Iluminação incandescente: o tipo mais encontrado nas instalações

As lâmpadas incandescentes utilizadas, como mostra a figura 29, apresentam eficiência muito baixa, utilizando intensivamente a cara energia elétrica gerada com uso de combustíveis e contribuindo para o aumento da temperatura dos ambientes que já necessitam de refrigeração para se tornarem próprios para o trabalho.

Mesmo a proteção sobre a barraca do CCM, solução implantada para reduzir a temperatura interna do Centro Cirúrgico, acaba por reduzir a iluminação natural disponível no interior da barraca, conforme figura 30.



Figura 30 - Proteções contra incidência solar e material da barraca limitam a iluminação natural

Uma opção imediata para aumentar a eficiência do sistema de iluminação seria substituir as lâmpadas incandescentes (figura 31) de 60W por fluorescentes compactas de 15W e as de 100W por lâmpadas fluorescentes compactas de 25W. Assim sendo, como num ambiente iluminado por 8 lâmpadas incandescentes de 60W e 1 de 100W, poderíamos trocá-las por 8 lâmpadas fluorescentes compactas de 15W e 1 de 25W reduzindo a potência de 580W para 145W, uma redução de 75%.

Entretanto, muitas lâmpadas fluorescentes encontradas no mercado possuem baixo fator de potência e podem aumentar, de forma indesejada, o carregamento de reativos dos geradores e a corrente circulante no sistema elétrico.



Figura 31 - Lâmpadas utilizadas na Farmácia e no Refeitório

Realizando projetos luminotécnicos em busca da melhor solução para o sistema de iluminação dos ambientes encontrados, optou-se, inicialmente, pela substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes tubulares. Como há uma grande restrição de espaço no transporte das cargas dos expedicionários e dada a fragilidade da lâmpada de 32W, optamos pela lâmpada fluorescente tubular de 16W para ser utilizada em luminárias para 2 lâmpadas e com reator eletrônico de alto fator de potência e baixa distorção harmônica. Esses projetos luminotécnicos serão apresentados em detalhes no capítulo 4.

Cargas Intensivas

Algumas cargas apresentam consumos energéticos bastante intensivos, como é o caso das autoclaves e dos aparelhos de ar condicionado, que representam outra grande dificuldade na operação dos geradores.

Se por um lado os geradores operam com grande carregamento quando alimentando essas cargas em regime, por outro lado é necessário haver um grande controle quanto ao momento de ligamento dessas cargas, pois a ocorrência de grandes picos de potência na partida dos aparelhos de ar condicionado, conforme figura 32, pode provocar desligamento e danos aos geradores utilizados. Durante a partida a potência requisitada pelo aparelho de ar condicionado chega a 7 kW, enquanto quando em regime essa potência é de 1,5 kW.

Potência Instantânea no Ar Condicionado

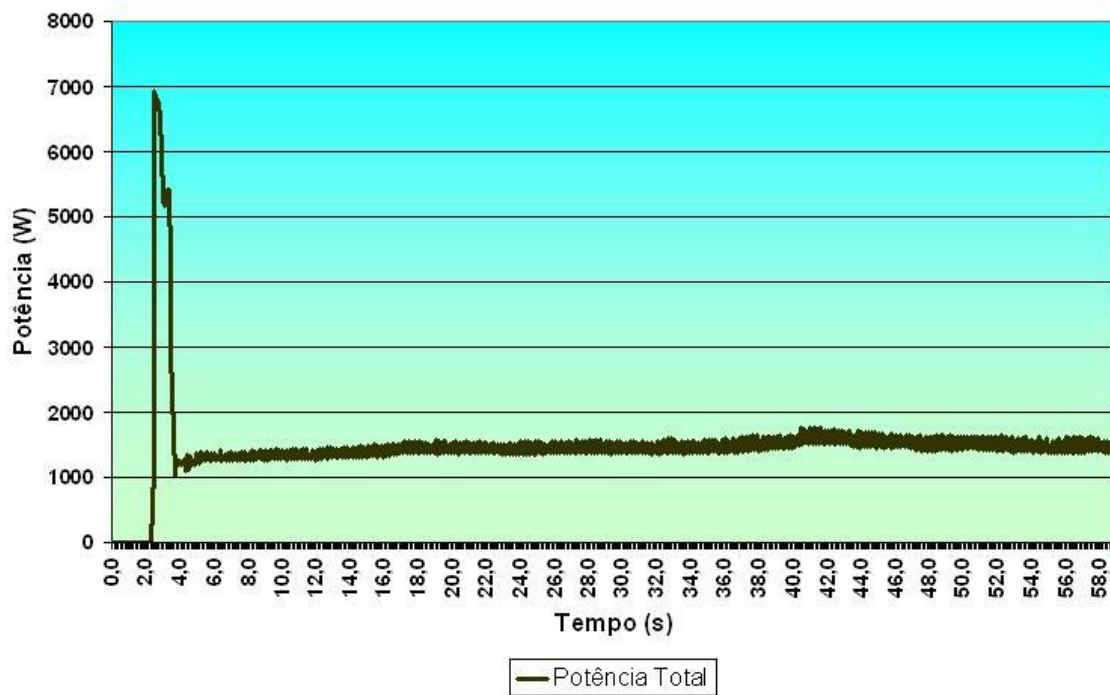


Figura 32 – Característica da partida dos aparelhos de ar condicionado: grande potência inicial

Dessa forma é necessário que cargas que possuem grandes potências de partida sejam ligadas antes do completo carregamento do gerador, permitindo certo fôlego para o fornecimento da potência necessária. Também é importante que os equipamentos não sejam ligados simultaneamente, situação em que teríamos sobrecarga semelhante no gerador.

4. Resultados da expedição e perspectivas de melhorias

Após a identificação dos principais problemas enfrentados durante a expedição e obtenção de vários dados que permitiram caracterizar a utilização energética realizada, este capítulo apresenta detalhadamente as possibilidades de ganho de qualidade e eficiência identificadas.

Serão abordados, entre outras orientações gerais:

- O ensaio do Facoemulsificador, no qual obteve-se sucesso na reprodução do defeito intermitente que ocorria durante as expedições, possibilitando a correção do defeito do equipamento;
- As melhorias ligadas às instalações elétricas, como segurança, adequação da iluminação, dimensionamento dos geradores, etc;
- As melhorias relacionadas ao ganho de eficiência no uso da energia; etc.

De uma maneira geral a expedição foi um sucesso e a equipe técnica pôde colaborar para a solução de problemas e a busca pela melhoria geral das condições de uso das instalações. Um exemplo foi a melhoria do Sistema de Iluminação do CCM com o uso de lâmpadas e luminárias eficientes cedidas.

4.1. Facoemulsificador Corrigido

Apesar das providências tomadas para sanar o defeito apresentado, o Facoemulsificador continuou a apresentar mau funcionamento. Depois de continuar apresentando funcionamento intermitente durante a expedição à comunidade de Vila Nova no Xié, quando foi abastecido por energia elétrica obtida em gerador à gasolina e regulação eletrônica de tensão, o Facoemulsificador pôde ser usado sem problemas quando o grupo de médicos se deslocou para a cidade de São Gabriel da Cachoeira – AM. Visando identificar e sanar definitivamente o defeito intermitente apresentado pelo equipamento, foi agendado um ensaio que foi realizado na sede dos

Expedicionários da Saúde e contou com a participação do GEPEA e do engenheiro representante da Alcon, fabricante do equipamento.

O primeiro procedimento do ensaio foi reproduzir as condições presentes durante a expedição: Alimentou-se o Faco com energia proveniente do gerador Honda, de 220 V, utilizado durante a expedição. O aparelho funcionou perfeitamente nestas condições, levando a equipe de médicos à incredulidade quanto à possibilidade de utilização confiável deste equipamento.

Os dados de placa da fonte do equipamento apontavam para o funcionamento com tensões de alimentação variando de 90V a 140V ou 190V a 240V. Buscando simular a falha intermitente do equipamento, fez-se uso de um transformador de tensão variável, VARIAC, para reduzir progressivamente a tensão que alimentava o Faco. Partindo-se de 230V, o máximo obtido com o Variac, a tensão foi reduzida até o nível de 205V, quando as falhas se iniciaram: emissão de alto chiado e desaparecimento dos caracteres do visor. A equipe, então, focou sua atenção na fonte interna do equipamento, quando o engenheiro da Alcon procedeu um ajuste interno da tensão de referência, que deveria ser mantida em $5,0 \text{ V} \pm 0,2 \text{ V}$.

Utilizando um osciloscópio verificou-se que o valor da tensão interna de referência estava em 4,7 V, valor fora da margem necessária. Como o desvio da tensão de referência estava próximo do limite, o equipamento funcionava muito bem quando alimentado por sistemas elétricos robustos, mas definitivamente não era indicado para a condição de operação encontrada durante as expedições.

Após o ajuste do valor de referência para 5,0 V através do potenciômetro de regulagem, realizou-se novo ensaio com variação da tensão de alimentação do Faco. Durante o novo ensaio o equipamento deixou de operar somente quando a tensão foi reduzida a 164 V, mas dessa vez o aparelho não apresentou a falha com emissão de ruídos e problemas no visor.

Depois alimentou-se o equipamento com 120 V, procedendo novamente a redução da tensão de alimentação com o uso do VARIAC e o Faco deixou de funcionar com tensão de 83 V, novamente sem apresentar falhas enquanto estava dentro da faixa de tensão nominal de operação

Após o ajuste o Facoemulsificador voltou a funcionar novamente de acordo com as especificações e novos ensaios com variação de tensão não

provocaram mais as falhas apresentadas durante a expedição. Contudo, por medida de segurança, a Alcon doou uma nova fonte de alimentação que foi instalada imediatamente no Faco.

A equipe do GEPEA realizou novamente o procedimento que simulava a falha intermitente do Faco mas dessa vez, com o aparelho munido da nova fonte, o resultado obtido foi ainda mais positivo: com a nova fonte o Facoemulsificador funcionou ininterruptamente para tensões variando de 230V a 63V.

4.2. Melhorias na iluminação

Conforme apresentado no item 3.4, na tabela 9, os níveis de iluminação dos ambientes estavam muito abaixo do necessário para as atividades praticadas. De acordo com a norma NBR 5413 da ABNT [13] – Associação Brasileira de Normas Técnicas – os níveis de iluminação mínimo para ambientes similares aos encontrados durante a expedição são apresentados na tabela 10.

Tabela 10 – Iluminâncias adequadas conforme a norma NBR 5413

Locais	Consultórios	Farmácia	Centro Cirúrgico
Iluminância Mínima	300	150	300
Iluminância Indicada	500	300	500

Para adequação do padrão de iluminação dos ambientes foram elaborados projetos de iluminação com o software DIALux [14] e Softlux [15] que levam em conta a baixa iluminação natural de alguns ambientes e a baixa refletância encontrada. Os resultados são apresentados abaixo, com a configuração das luminárias e quantidade de lâmpadas nas figuras e nível de iluminância para os ambientes:

Consultório

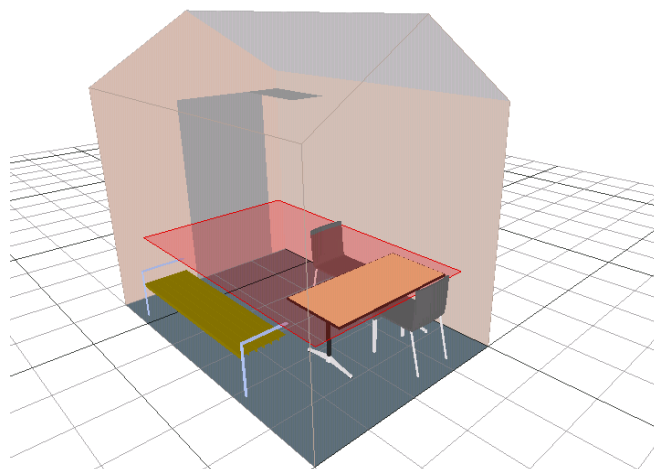


Figura 33 - Projeto Luminotécnico dos Consultórios

Durante as expedições são montados 3 consultórios para atendimentos clínicos diversos. Para estes consultórios, figura 35, é necessária uma luminária com 2 lâmpadas de 32 W para obtenção de iluminância média de 260 lux.

A screenshot of a software interface for configuring room dimensions and lighting parameters. The interface is divided into several sections: 'Ambiente' (Environment) with a dropdown menu set to 'Consultórios'; 'Dimensões' (Dimensions) with input fields for 'Comprimento (m)' (3), 'Largura (m)' (4), 'Pé direito (m)' (2.8), 'Plano de trabalho (m)' (0.75), and 'Altura de suspensão (m)' (0.4); 'Cores/ Refletâncias' (Colors/ Reflectances) with a dropdown menu set to 'Médio (50 - 30 - 10)' and input fields for 'Teto (%)' (50), 'Paredes (%)' (30), and 'Piso (%)' (10); 'Condições do ambiente' (Environment Conditions) with a dropdown menu set to 'Limpo (0,8)' and an input field for 'Fator de perdas luminosas' (0,8); 'Tipo de atividade' (Activity Type) with a dropdown menu; and 'Iluminância solicitada (lux)' (Requested illuminance) with an empty input field. On the right side, there is a 3D wireframe diagram of a room with labels for 'altura de suspensão' (suspension height), 'plano de trabalho' (work plane), 'pé direito' (ceiling height), 'largura' (width), and 'comprimento' (length). At the bottom, there are 'Cancelar' (Cancel) and 'Próximo' (Next) buttons.

Figura 34 - Dados dimensionais dos Consultórios

Os dados dimensionais do consultório utilizados para o projeto luminotécnico são apresentados na figura 34.

Almoxarifado

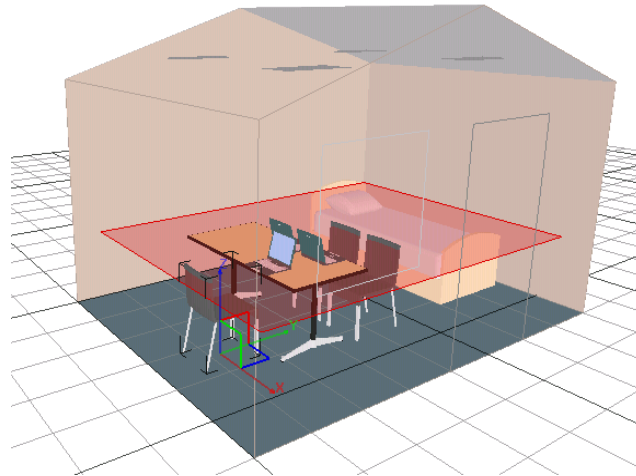


Figura 35 - Projeto Luminotécnico do Almoxarifado

A sala chamada Almoxarifado serve como depósito dos equipamentos sobressalentes e outros materiais utilizados nas instalações elétricas. Na expedição acompanhada esta sala também foi usada como base da equipe do GEPEA e documentaristas presentes. Para o almoxarifado seriam necessárias, figura 35, 4 luminária com 2 lâmpadas de 32 W para obtenção de iluminância média de 220 lux.

A screenshot of a lighting design software interface. The interface is divided into a left sidebar with various settings and a main 3D view on the right. The sidebar includes sections for 'Ambiente', 'Dimensões', 'Cores/ Refletâncias', 'Condições do ambiente', and 'Tipo de atividade'. The 3D view shows a wireframe of a room with dimensions labeled: 'altura de suspensão', 'plano de trabalho', 'pé direito', 'largura', and 'comprimento'. The interface has a 'Cancelar' button and a 'Próximo' button at the bottom.

Figura 36 - Dados dimensionais do Almoxarifado

Os dados dimensionais do Almoxarifado utilizados no projeto luminotécnico são apresentados na figura 36.

Centro Cirúrgico

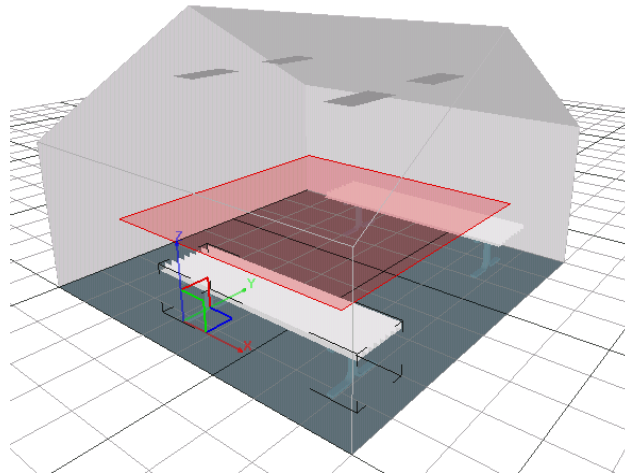


Figura 37 - Projeto Luminotécnico do Centro Cirúrgico Móvel

O CCM é montado sempre na mesma barraca de campanha, de forma que este é o projeto luminotécnico mais importante pois pode ser seguido em todas expedições. Sua importância é ainda maior quando se avalia a melhoria da luminosidade do Centro Cirúrgico obtida com o projeto, figura 37. Com a utilização de 4 luminárias de 2 lâmpadas de 32 W cada uma, a luminosidade média passa para 530 lux.

A screenshot of a software interface for configuring the lighting of a mobile surgical center. The interface is divided into two main sections: a left sidebar with configuration options and a right main area with a 3D diagram.
Ambiente: Centro Cirurgico
Dimensões:
Comprimento (m): 5
Largura (m): 5
Pé direito (m): 2,8
Plano de trabalho (m): 0,75
Altura de suspensão (m): 0
Cores/ Refletâncias:
Claro (70 - 50 -10)
Teto (%): 70
Paredes (%): 50
Piso (%): 10
Condições do ambiente:
Limpo (0,8)
Fator de perdas luminosas: 0,8
Tipo de atividade:
Laboratório
Iluminância solicitada (lux): 500
The 3D diagram on the right shows a rectangular box representing the surgical center. It has labels for 'altura de suspensão' (suspension height), 'plano de trabalho' (work plane), 'pe direito' (height), 'largura' (width), and 'comprimento' (length). There are four yellow rectangular fixtures on the ceiling, representing the lighting fixtures.

Figura 38 - Dados dimensionais do Centro Cirúrgico Móvel

Os dados dimensionais do Centro Cirúrgico utilizados no projeto luminotécnico são apresentados na figura 38.

Cozinha

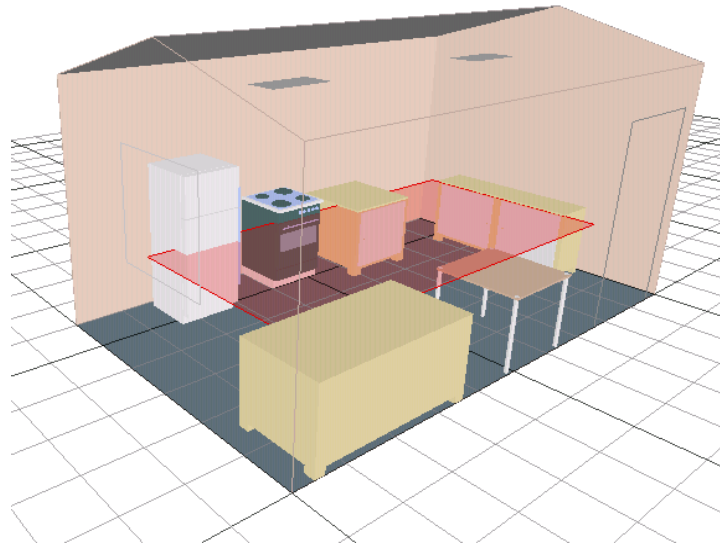


Figura 39 - Projeto Luminotécnico para Cozinha

A cozinha, figura 39, é outro ambiente que varia durante as expedições, mas a disponibilidade de espaço normalmente é a mesma. O projeto apontou para a necessidade de 2 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares de 32 W cada para obter luminosidade de 260 lux.

Ambiente	
Cozinha	
Dimensões	
Comprimento (m)	3
Largura (m)	4
Pé direito (m)	2,8
Plano de trabalho (m)	1
Altura de suspensão (m)	0
Cores/ Refletâncias	
Médio (50 - 30 - 10)	
Teto (%)	50
Paredes (%)	30
Piso (%)	10
Condições do ambiente	
Médio (0,7)	
Fator de perdas luminosas	0,7
Tipo de atividade	
Iluminância solicitada (lux)	
Cancelar	
Próximo	

A 3D wireframe diagram of a kitchen box. The box is rectangular with a height of 2.8m. The length is 3m and the width is 4m. The diagram shows the 'plano de trabalho' (work plane) at 1m height, the 'pé direito' (ceiling height) at 2.8m, and the 'altura de suspensão' (suspension height) at 0m. The diagram also shows the 'largura' (width) and 'comprimento' (length) dimensions.

Figura 40 - Dados dimensionais da Cozinha

Os dados dimensionais da Cozinha utilizados no projeto luminotécnico são apresentados na figura 40.

Farmácia

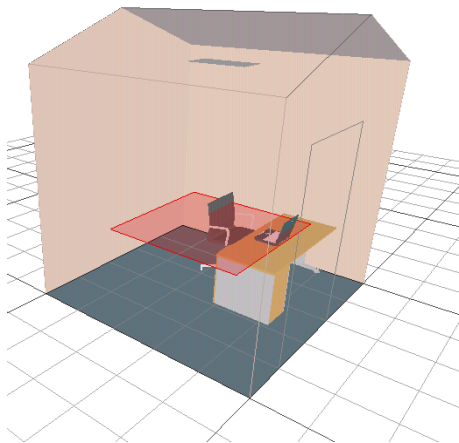


Figura 41 – Entrada da Farmácia

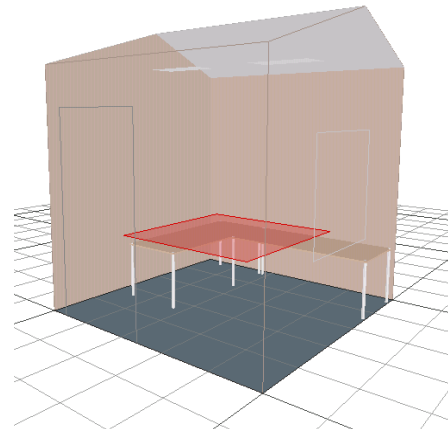


Figura 42 – Área de trabalho da Farmácia

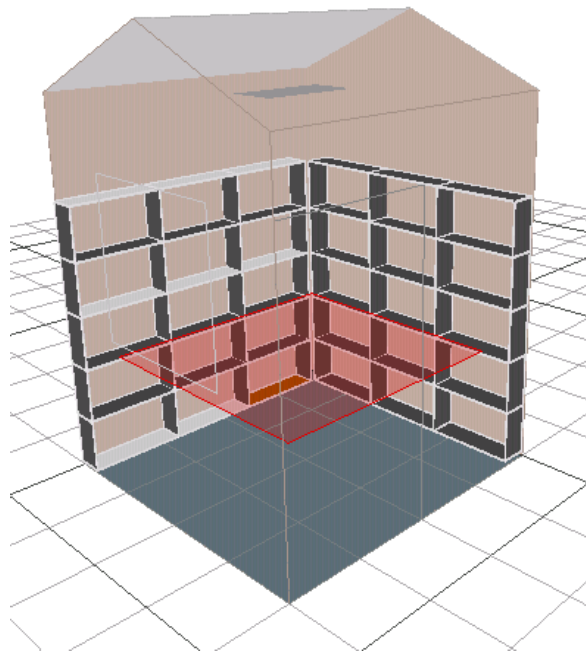


Figura 43 - Projetos Luminotécnicos da Farmácia

A casa utilizada como Farmácia possui 3 cômodos e cada um deles foi objeto de projeto luminotécnico, figuras 41, 42 e 43. Em cada cômodo deve ser instalado uma luminária com duas lâmpadas de fluorescentes tubulares de 32 W obtendo luminosidade média de 210 lux.

Ambiente	
Farmacia Original	
Dimensões	
Comprimento (m)	2,6
Largura (m)	2,6
Pé direito (m)	2,8
Plano de trabalho (m)	0,75
Altura de suspensão (m)	0
Cores/ Refletâncias	
Médio (50 - 30 - 10)	
Teto (%)	50
Paredes (%)	30
Piso (%)	10
Condições do ambiente	
Médio (0,7)	
Fator de perdas luminosas	0,7
Tipo de atividade	
Iluminância solicitada (lux)	

Diagrama 3D de um ambiente rectangular com dimensões e parâmetros de iluminação rotulados. O diagrama mostra um ambiente com um pé direito, um plano de trabalho e uma altura de suspensão. As dimensões são comprimento, largura e pé direito. O plano de trabalho é uma superfície horizontal no topo do ambiente. A altura de suspensão é a distância entre o plano de trabalho e o pé direito. O diagrama também mostra a localização de luminárias no teto.

Cancelar Próximo

Figura 44 - Dados dimensionais dos cômodos da Farmácia

Todos os 3 cômodos utilizados para a Farmácia possuíam dimensões, apresentadas na figura 44, muito próximas.

Refeitório

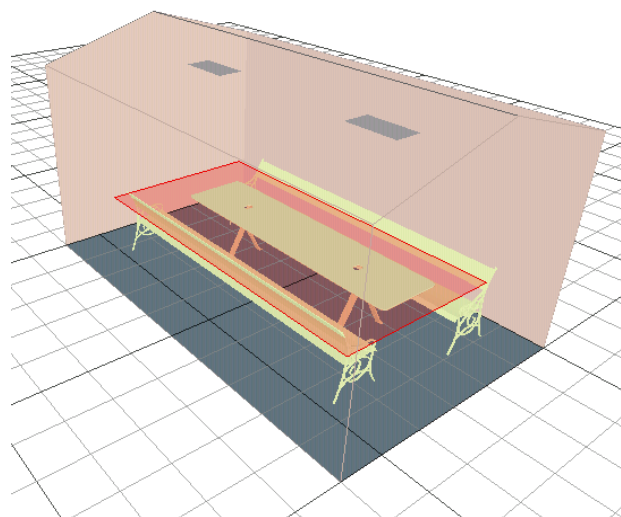


Figura 45 - Projeto Luminotécnico do refeitório

O projeto luminotécnico da área utilizada como refeitório, figura 45, mostra a necessidade do uso de 2 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares de 32 W para obtenção de 220 lux.

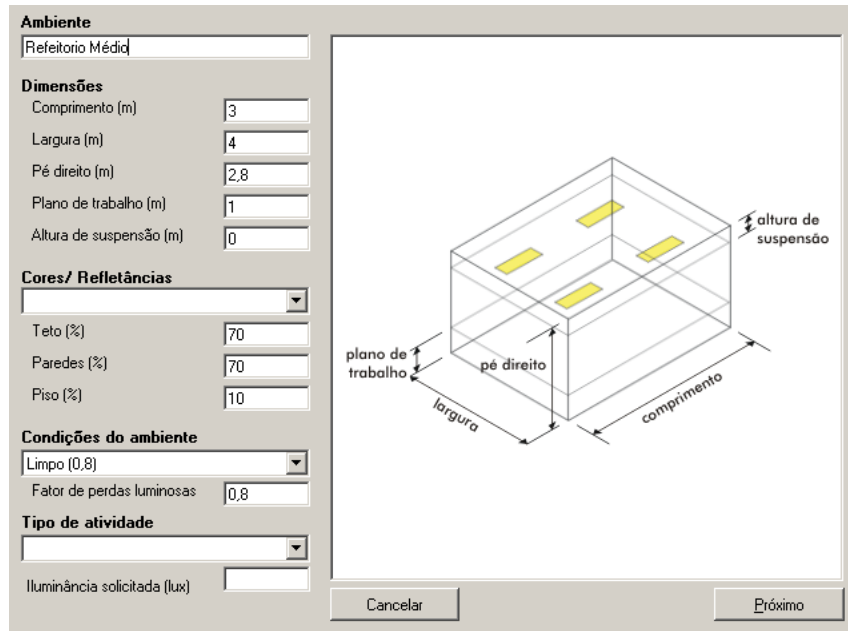


Figura 46 - Dados dimensionais do Refeitório

Os dados dimensionais do refeitório são apresentados na figura 46.

Tenda Oftalmológica

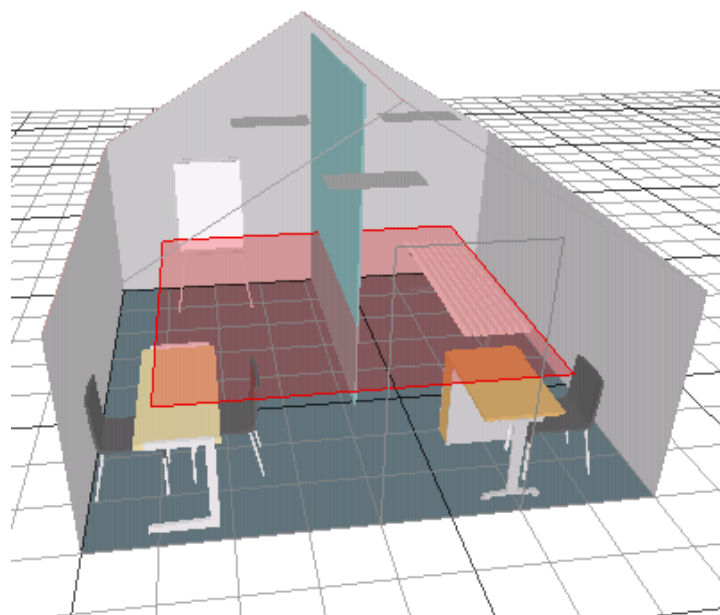


Figura 47 - Projeto Luminotécnico da Tenda Oftalmológica

A tenda oftalmológica é usada como três ambientes separados, com uma divisória central e outra separando uma área de triagem de pacientes, figura 47. Nestes ambientes será utilizada uma luminária com duas lâmpadas fluorescentes tubulares de 32 W em cada um, obtendo uma luminância média de 270 lux em cada ambiente interno.

The image shows a software interface for configuring an ophthalmology tent. On the left, there is a sidebar with the following sections:

- Ambiente:** Tenda oftalmológica
- Dimensões:**
 - Comprimento (m): 5
 - Largura (m): 5
 - Pé direito (m): 2,8
 - Plano de trabalho (m): 1
 - Altura de suspensão (m): 0,4
- Cores/ Refletâncias:**
 - Teto (%): 50
 - Paredes (%): 50
 - Piso (%): 10
- Condições do ambiente:**
 - Limpo (0,8)
 - Fator de perdas luminosas: 0,8
- Tipo de atividade:**
- Illuminância solicitada (lux):

On the right, there is a 3D diagram of the tent structure. The diagram shows a rectangular box with a central vertical support. Labels indicate the following dimensions and components:

- altura de suspensão: height from the ceiling to the light fixture
- plano de trabalho: work plane
- pé direito: height of the tent
- largura: width
- comprimento: length

At the bottom of the interface, there are two buttons: "Cancelar" and "Próximo".

Figura 48 - Dados dimensionais da Tenda Oftalmológica

Os dados dimensionais da Tenda Oftalmológica são apresentados na figura 48.

Além dos projetos luminotécnicos apresentados a equipe do GEPEA levou na expedição luminárias reflexivas para 2 lâmpadas de 32 W para um teste de melhoria na qualidade da iluminação durante a expedição. O ambiente escolhido foi o centro cirúrgico, que apresentava nível de iluminação muito precário com apenas 50 lux médios. No teste realizado foi instalada uma luminária com 2 lâmpadas fluorescentes de 32 W com reator de baixo fator de potência além da troca de 2 lâmpadas incandescentes (1 de 100 W e 1 de 60 W). Esta alteração resultou, conforme a tabela 11, em uma expressiva melhora na qualidade da iluminação de 760% e uma redução na potência instalada de 16W ou quase 10%.

Após essa intervenção foi realizada uma avaliação através da aplicação de questionário aos usuários - médicos cirurgiões e anestesistas - que tiveram contato com a iluminação inicial e com a iluminação implantada. Os resultados foram muito satisfatórios com avaliação de “excelente” e “muito boa” por parte de todos os usuários, A figura 49 apresenta a o novo sistema de iluminação composto por lâmpadas fluorescentes do centro cirúrgico.



Figura 49 - Iluminação do Centro Cirúrgico trocada

Tabela 11 – Iluminação implantada no Centro Cirúrgico Móvel

Itens	Sistema Original (lâmpadas incandescentes)	Novo Sistema (lâmpadas fluorescentes)	Variação	Variação percentual
Iluminância	50 lux	430 lux	+ 380 lux	+760%
Carga Instalada	160 W	144 W	-16 W	-10%

Com base nas simulações luminotécnicas realizadas, a tabela 12 mostra a variação na qualidade da iluminação em cada ambiente, enquanto a variação

na carga instalada para instalação de luminárias reflexivas com duas lâmpadas de 32W é apresentada na tabela 13. As luminárias com duas lâmpadas de 32 W totalizam potência instalada de 72 W considerando o reator.

Tabela 12 – Variação da luminosidade para os principais projetos luminotécnicos

Local	Luminosidade Medida	Luminosidade Projetada	Variação de Luminosidade
Centro Cirúrgico	50 lux	530 lux	+ 480 lux
Tenda Oftalmológica	100 lux	300 lux	+ 200 lux
Consultórios	40 lux	260 lux	+ 220 lux
Farmácia	50 lux	210 lux	+ 160 lux
Variação Média (%)			+ 408 %

Tabela 13 – Variação da carga instalada para os principais projetos luminotécnicos

Local	Carga Instalada Inicial	Carga Instalada Projetada	Variação da Carga Instalada
Centro Cirúrgico	160 W	144 W	-16 W
Tenda Oftalmológica	120 W	72 W	- 48 W
Consultórios	3 x 60 W	216 W	+ 36 W
Farmácia	3 x 60 W	216 W	+ 36 W
Variação Total			+ 8 W

4.3. Melhorias nos sistemas de ar condicionado e refrigeração

Os aparelhos de ar condicionado também podem ser alvo de ações para aumento da eficiência. Apesar do bom estado de conservação dos três aparelhos utilizados durante a expedição, os equipamentos reservas eram precários e caso fossem colocados em operação iriam consumir grandes quantidades de energia. Foi constatado que os dois aparelhos que operavam nas barracas do Centro Cirúrgico juntamente com o aparelho da Tenda Oftalmológica consumiam em conjunto 27kWh por dia em média, numa condição de operação com aproximadamente 6 horas diárias para cada um. Segundo a tabela de referência para 2009 do Selo Procel [16], 3 aparelhos de ar condicionado novos e com nível A de eficiência e operação nas mesmas 6 horas diárias totalizariam consumo de 23,4kWh por dia, o que representaria uma redução de 13% no consumo de energia e um gasto de 2,9 litros de combustível a menos diariamente.

Apesar de uma representatividade menor no consumo energético global, participando com somente 6% do consumo total, os equipamentos de refrigeração de alimentos também apresentavam condições críticas de uso e sua troca pñde proporcionar boa economia de energéticos. Durante a expedição foram utilizados um refrigerador de 270 litros (uma porta) e 2 freezers horizontais de 300 litros e o consumo diário obtido pelas medições foi de 4,2 kWh ao dia.

A troca desses equipamentos que já apresentavam condições precárias de funcionamento por outros novos e com níveis de eficiência A no Selo Procel poderia representar uma redução de 2,2 kWh ao dia, uma economia de 52% no consumo de energia em refrigeração e que representariam 1,8 litros de gasolina a menos consumidos diariamente.

4.4. Melhorias nas instalações elétricas

A utilização de cabos com grande comprimento e que alimentam cargas expressivas, como é o caso do Centro Cirúrgico, acaba agravando a parcela de

perdas elétricas no transporte de energia. Durante a expedição realizou-se a medição da potência fornecida pelo gerador 1 (que alimentava o CCM) e simultaneamente mediu-se a potência consumida no Centro Cirúrgico, com o uso de analisadores de energia sincronizados. A figura 50 mostra a diferença entre estas medições, que representam as perdas na transmissão de energia.

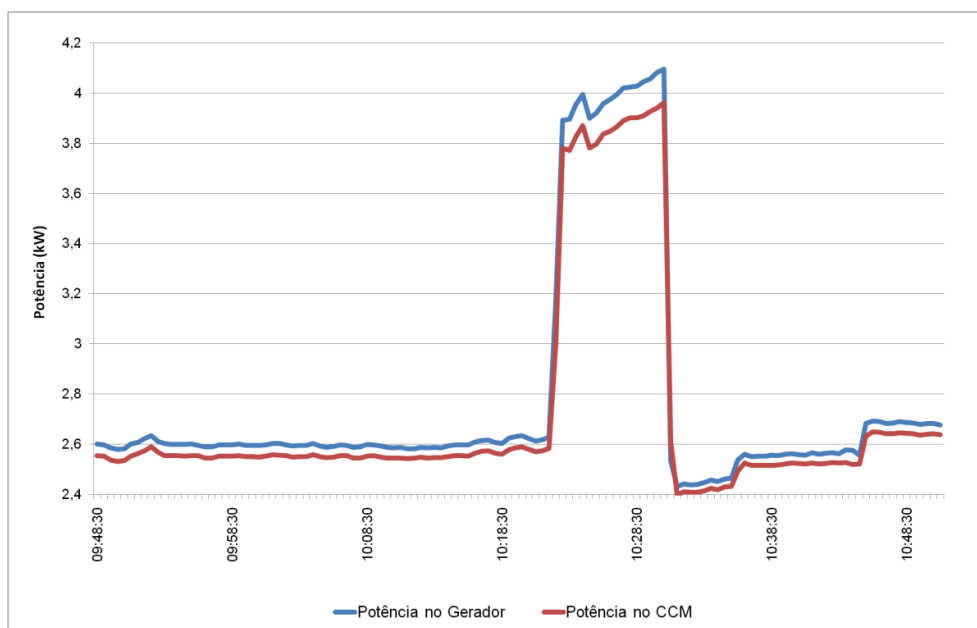


Figura 50 – Medição simultânea da potência fornecida no gerador 1 e potência consumida no CCM

Nessa linha de alimentação do CCM verificou-se uma corrente de aproximadamente 20 amperes circulando em um cabo de seção $2,5 \text{ mm}^2$ com extensão superior a 100 metros. Tal situação, considerando-se a resistividade do cobre de $0,017875 [\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}]$ ocasiona uma perda no cabo de 285 W que resultará em consumo de quase 2 litros de gasolina ao dia (considerando-se operação durante 10 horas por dia).

A alimentação das cargas através de cabos com grandes comprimentos é comum na tentativa de se reduzir o alto ruído dos geradores no local de trabalho, mas a redução das distâncias envolvidas na instalação é a atitude mais eficaz e de menor custo para a redução dos problemas encontrados – aumento de perdas e queda de tensão. Para um correto dimensionamento dos cabos a se utilizar em função da distância entre o gerador e o centro de carga, a tabela 14 indica as seções mínimas para os cabos que devem ser utilizados em várias situações.

O aspecto da queda de tensão que ocorre nos cabos com grande comprimento também deve ser considerado. Para a resistividade de 0,017857 [$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$] dos os condutores de cobre, a tabela 14 apresenta a queda de tensão e perdas para cabos de diferentes seções para a condição de carregamento verificada. O cabo utilizado no Gerador 1 de 7,2 kVA possui seção de 2,5 mm^2 e tem destaque apresentado na tabela 14.

Tabela 14 – Queda de tensão e perdas em cabos

Seção do cabo (mm^2)	Comprimento do cabo (m)	Corrente (A)	Queda de Tensão (%)	Perdas no cabo (W)
2,5	100	20	6,5	285,7
4,0	100	20	4,1	178,6
6,0	100	20	2,7	119,0
10,0	100	20	1,6	71,4

Na expedição acompanhada a situação limite encontrada foi a alimentação do Centro Cirúrgico pelo Gerador 1 (7,2 kVA) por um cabo com extensão de 100 metros com 4 x 2,5 mm^2 (com 3 cabos carregados, 2 fases e 1 neutro). Nesta condição, de acordo com a tabela 15, a seção mínima para o cabo de alimentação fica definida pelo critério da queda de tensão e é de 10,0 mm^2 .

Tabela 15 – Cabos de alimentação indicados

Avaliação do cabeamento indicado para utilização em gerador de 7,2 kVA					
Distância entre Gerador e CCM [m]	Limite de Corrente do Gerador [A]	* Limite de Corrente Sugerido [A]	** Mínimo Cabo segundo a corrente máxima [mm^2]	Cabo indicado segundo a queda de tensão máxima (4%) [mm^2]	Cabo Necessário para a utilização [mm^2]
100	18,9	13,6	2,5	10,0	10,0
80	18,9	13,6	2,5	10,0	10,0
55	18,9	13,6	2,5	6,0	6,0
35	18,9	13,6	2,5	4,0	4,0

* Corrente obtida considerando fator de potência de 0,9 e carregamento do gerador de 80%

** Segundo Tabela de Capacidade de condução de corrente [17] para 3 condutores carregados B2

Outra importante recomendação é que pode contribuir com vários aspectos de segurança do sistema elétrico é a utilização de disjuntores corretamente dimensionados na alimentação dos diversos circuitos que são alimentados pelos geradores. Devido à limitada quantidade de geradores e à possível ocorrência de falhas nos mesmos, o seccionamento dos diversos circuitos através da utilização de disjuntores permite maior proteção dos equipamentos e facilidade na realização de alterações em determinado circuito sem comprometer as demais cargas alimentadas pelo mesmo gerador.

Além dos disjuntores, que permitem manobras das cargas e proteção em geral, também deve ser observada uma maneira de se acompanhar o carregamento dos geradores como forma de evitar uma sobrecarga. O acompanhamento da potência, ou corrente, fornecida pelos geradores através de instrumentos de medição é outra medida que deve ser adotada.

Dessa forma, sugere-se a utilização de caixas de distribuição a serem ligadas em cada gerador utilizado, com amperímetros indicando a corrente de cada circuito para acompanhamento do carregamento desse gerador e disjuntores para proteção e desligamento dos circuitos. Na figura 51 se apresenta um diagrama unifilar do painel de distribuição proposto.

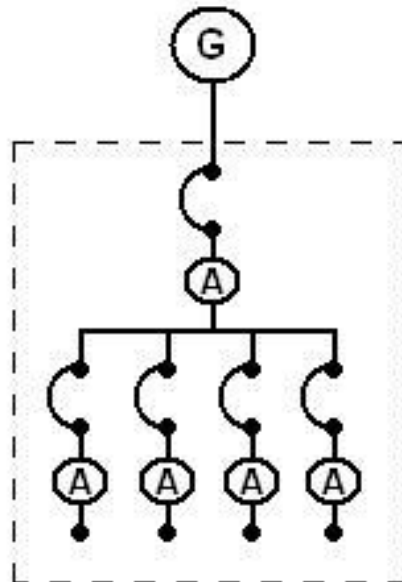


Figura 51 – Unifilar de Painel de Distribuição genérico sugerido

O uso das caixas de distribuição com disjuntores para proteção e chaveamento dos circuitos permite ainda evitar ligações como as apresentadas na figura 52, fiações totalmente expostas às condições ambientais, à ocorrência de curtos-circuitos, choques elétricos e diversas outras falhas.



Figura 52 – Instalação de disjuntores e fiações expostas

4.4.1. A questão dos geradores

Os geradores utilizados para abastecimento das principais cargas elétricas (Centro Cirúrgico, Esterilização e Tenda Oftalmológica) são trifásicos. Tal fato aumenta a dificuldade em se equilibrar os circuitos elétricos, compostos de cargas monofásicas e bifásicas. Dessa forma a utilização de geradores bifásicos ou monofásicos facilitariam a realização das instalações elétricas e reduziriam as possíveis falhas associadas ao incorreto dimensionamento dos geradores e suas cargas.

Durante a expedição de abril/2008, o nível de carregamento dos geradores estava adequado para a operação do sistema, mas, devido à perda de um gerador, o sistema permaneceu sem grande folga durante a expedição, folga essa requerida para a continuidade da segurança de operação do sistema.

As condições enfrentadas durante as expedições são tais que podem colocar em jogo o sucesso das atividades devido às falhas de geradores. Para evitar tais falhas é necessário se observar cuidados para a ligação de cargas. Indica-se a utilização dos critérios de carregamento utilizados para geradores a diesel:

- Potência Nominal (placa): indicada para pequenos períodos de falta de energia, usada em dimensionamentos de geradores de emergência;
- Potência Contínua por tempo determinado (0,9 x placa): indicada para utilizações com algumas horas contínuas (até 4 horas), utilizada em dimensionamentos de geradores para horário de ponta;
- Potência Contínua (0,8 x placa): indicada para dimensionamento em instalações alimentadas unicamente por geradores.

Dessa forma, a faixa ideal de utilização dos geradores durante as expedições, cerca de 11 horas diárias, é com carregamento entre 60% e 80 % dos dados nominais de placa, garantindo um bom rendimento e manutenção da vida útil do equipamento. Com relação ao gerador de 2,8 kVA, seria interessante conectar mais cargas a ele de modo a carregá-lo na mesma faixa indicada. Com carregamentos acima dos verificados na expedição pode-se evitar flutuações na tensão, problema que já foi observado quando se utilizou apenas o aparelho Facoemulsificador conectado a esse gerador.

Os moto-geradores sem proteção acústica normalmente apresentam nível de ruído próximo a 100 dB e esse nível de ruído decresce conforme a distância. Para a operação em local praticamente sem ruído de fundo, como é o caso da floresta amazônica, o ruído fica ainda mais perceptível e realmente incomoda. Indica-se a execução de proteções acústicas móveis para adequar o nível de ruído aos padrões normalmente utilizados. Segundo a Norma Regulamentadora 15 – que dispõe sobre atividades insalubres – o limite de ruído para exposição durante um período de 8 horas é de 85 dB.

4.4.2. Indicações sobre segurança das instalações

Para a definição do que se espera por segurança nas instalações abordadas são necessárias as seguintes definições:

- Choque Elétrico: “É o efeito patofisiológico que resulta da passagem de uma corrente elétrica, chamada de corrente de choque, através do organismo humano, podendo provocar efeitos de importância e gravidades variáveis, bem como fatais”, RTP – Instalações temporárias em canteiros de obras - Fundacentro, 2007 [18]. Os efeitos do choque elétrico são apresentados na figura 53;





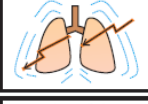

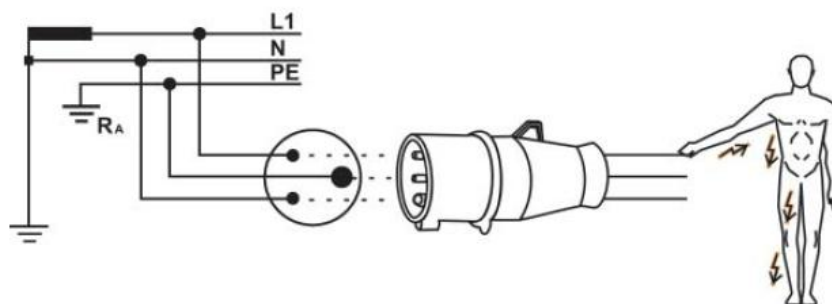
INTENSIDADE	EFEITO	CAUSAS	
1 a 3 mA	Percepção	A passagem da corrente provoca formigamento. Não existe perigo.	
3 a 10 mA	Eletrização	A passagem da corrente provoca movimentos.	
10 mA	Tetanização	A passagem da corrente provoca contrações musculares, agarramento ou repulsão.	
25 mA	Parada Respiratória	A corrente atravessa o cérebro.	
25 a 30 mA	Asfixia	A corrente atravessa o tórax.	
60 a 75 mA	Fibrilação Ventricular	A corrente atravessa o coração.	

Figura 53 - Efeitos fisiológicos diretos da eletricidade – [18] RTP 05 / página 14

- Proteção contra choques elétricos: podem ser contra choques elétricos diretos – aqueles onde a pessoa entra em contato com partes vivas da instalação, como os condutores nus ou emendas sem isolamento – ou contra choques indiretos – aqueles onde a pessoa entra em contato com a massa (ou carcaça) de equipamento elétrico que fica submetida temporariamente à tensão elétrica. As representações das proteções contra choques por contato direto e indireto são apresentadas na figura 54;

• Proteção contra contatos diretos



• Proteção contra contatos indiretos

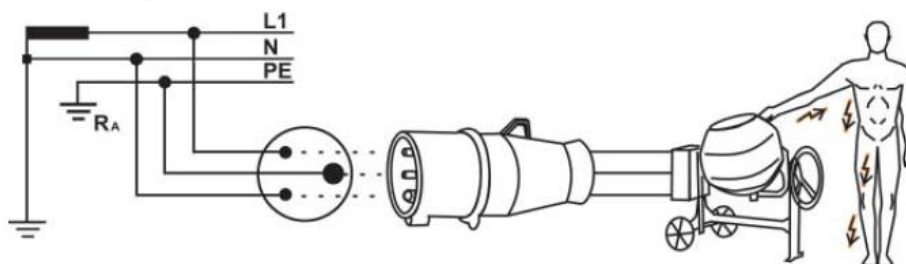


Figura 54 - Representação de choques por contato direto e contato indireto – [18] RTP05 página 15

Também deve ser observada a necessidade de realizar o sistema de aterramento principalmente nos geradores e próximo aos principais centros de carga, com destaque para o Centro Cirúrgico Móvel. Uma possibilidade é a utilização de barras de cobre que podem ser facilmente instaladas (aterradas) e ofereceriam a proteção mínima necessária para uma instalação com tal importância.

5. Avaliação das melhorias implantadas nas expedições seguintes e compilação das principais indicações

As indicações apresentadas no capítulo 4 foram parcialmente implantadas pelos Expedicionários da Saúde durante as expedições seguintes realizadas em 2008 e 2009. Aqui são discutidos os benefícios e dificuldades advindas da constante busca por melhorias, bem como os procedimentos indicados para garantir a correta operação do sistema elétrico montado.

5.1. Panorama das melhorias obtidas

Segundo as perspectivas dos médicos cirurgiões, o principal problema enfrentado era o funcionamento intermitente do Facoemulsificador. Conforme apresentado no item 4.1 a falha do aparelho foi descoberta a partir do ensaio realizado na sede dos Expedicionários, onde se comprovou que a falha intermitente estava na fonte interna do equipamento. Durante as expedições seguintes o Facoemulsificador funcionou corretamente proporcionando atendimentos menos incisivos que permitem um tempo reduzido de recuperação das cirurgias de catarata.

Os itens a seguir detalham a evolução da implantação das outras indicações durante as expedições seguintes a abril de 2008.

5.1.1. Sistema de iluminação

As questões apontadas após a expedição à comunidade de Vila Nova e a intervenção ocorrida, durante a mesma oportunidade, na iluminação do Centro Cirúrgico Móvel foram gradualmente implantada pela equipe dos Expedicionários durante os atendimentos.

Em agosto de 2008 os atendimentos ocorreram somente no Navio Hospital Abaré numa atividade em conjunto com o grupo “Saúde e Alegria”, de forma que as indicações apresentadas não tiveram condições de serem

implantadas. Para a expedição de novembro de 2008 a indicação implantada compreendeu a troca de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas, pois também não houve tempo hábil para o planejamento e compra das novas lâmpadas fluorescentes tubulares e luminárias reflexivas.

Já em abril de 2009 foram adquiridas algumas luminárias com 2 lâmpadas de 16 W, que possuem tamanhos menores e favorecem o transporte, frente às lâmpadas de 32 W. Para o transporte das lâmpadas de 16 W a equipe de logística aproveitou a existência de caixas plásticas previamente utilizadas no transporte dos equipamentos cirúrgicos, enquanto as lâmpadas de 32 W iriam requerer uma nova estrutura capaz de garantir o transporte intacto das lâmpadas.

A experiência com as lâmpadas de 16 W não foi muito boa por problemas de transporte, tendo ocorrido a quebra de algumas lâmpadas e limitando a disponibilidade de lâmpadas sobressalentes, inclusive obrigando a se utilizar lâmpadas incandescentes em substituição às lâmpadas fluorescentes nos ambientes onde este projeto piloto foi adotado.

Para a expedição de novembro de 2009 foi planejado outra mudança: construção de caixas de madeira para transporte de algumas lâmpadas fluorescentes de 32 W. Com a devida acomodação das lâmpadas estas resistiram muito bem ao transporte e puderam ser utilizadas sem restrições.

A partir dessas experiências conclui-se que a melhor solução para a iluminação dos ambientes é a combinação do uso de lâmpadas fluorescentes compactas em ambientes com áreas pequenas e uso das luminárias reflexivas para duas lâmpadas fluorescentes tubulares de 32 W nos ambientes mais importantes, como o Centro Cirúrgico, e os de maior área.

5.1.2. Geradores

A equipe de logística dos Expedicionários buscou corrigir o gerador movido a óleo diesel após a falha apresentada durante a expedição acompanhada, porém, com a falta de confiabilidade deste, o equipamento acabou sendo trocado por outro gerador a gasolina de 7,2 kVA.

O uso do gerador Honda de 2,8 kVA foi considerado um sucesso devido à facilidade do transporte – é um gerador leve e possui rodas – e ao baixo ruído emitido que permitiu seu uso ao lado da tenda do CCM. Entretanto um fato negativo ocorreu com o equipamento: ele foi roubado da sede dos Expedicionários onde era guardado. O alto custo do gerador roubado, aliado à falta de segurança para acomodação deste gerador portátil e de fácil transporte, acabou levando os Expedicionários a não optar por nova compra deste modelo de gerador em detrimento da compra de outro gerador de 7,2 kVA.

As condições de dimensionamento e carregamento dos geradores têm sido seguidas pela equipe de logística durante as expedições que se seguiram, colaborando para a não ocorrência de problemas graves de indisponibilidade de geradores.

As cargas elétricas têm sido progressivamente ampliadas a cada expedição, com a busca por ampliação dos atendimentos e implantação de novos sistemas informatizados de controle dos atendimentos. Tais características reforçam a necessidade de seguimento das indicações do item 4.4 acerca do dimensionamento e carregamento dos geradores utilizados para garantia da disponibilidade do sistema elétrico e da segurança dos equipamentos.

5.1.3. Instalação elétrica e eficiência energética

Os aparelhos de refrigeração e ar condicionado inicialmente utilizados continuaram a ser utilizados durante as expedições seguintes. Apesar de se tratarem de equipamentos doados, o uso dos mais antigos e pouco eficientes não contribui para o uso eficiente dos caros energéticos disponíveis, gasolina e diesel, para a geração de eletricidade.

A questão da instalação elétrica com uso de conjuntos padronizados para tomadas e pontos de iluminação apresentou um avanço com o preparo de novos conjuntos pela equipe de logística. Esses conjuntos contribuem para a realização de conexões elétricas mais seguras e menos sujeitas a falhas.

Também ainda não ocorreu durante as expedições a execução de aterramento próximo ao gerador e, principalmente, na região do CCM. Este aterramento pode ser realizado em caráter temporário, da mesma forma que toda a instalação, com a utilização de barras de cobre enterradas nos locais de aterramento.

O aterramento e outras proteções contra choques elétricos são fundamentais em quaisquer instalações elétricas, ainda mais nas situações onde a resistência oferecida pelos corpos humanos está reduzida devido ao contato dos instrumentos, sujeitos à corrente elétrica, diretamente na parte interna dos corpos dos pacientes, como é o caso das pessoas que passam por cirurgia.

5.2. Principais estratégias de atuação

Conforme apresentado ao longo deste texto, as principais estratégias de atuação na execução do Micro Sistema Elétrico Eficiente para operação em localidades isoladas da Amazônia estão na observância de procedimentos para a montagem das instalações, dimensionamento dos geradores, escolha de equipamentos econômicos, garantia da segurança das instalações e disponibilidade do sistema elétrico.

A seguir são apresentados estes procedimentos de forma reduzida e pronta para aplicação por parte dos Expedicionários da Saúde e outras equipes interessadas nos resultados deste estudo.

5.2.1. Dimensionamento dos Geradores

- Realizar o levantamento das cargas elétricas agrupadas por ambientes. Por exemplo: Centro Cirúrgico Móvel, Consultórios, Tenda Oftalmológica, etc;
- Obter o total de potência dessas cargas em watts ou VA (ou ainda nas unidades kW ou kVA);

- Determinar a potência máxima de utilização dos geradores disponíveis: utilizar o limite de $0,8 \times \text{Valor Nominal da Potência}$ dos geradores para encontrar a Potência Contínua do gerador, conforme item 4.4.1;
- Dividir as cargas, por ambientes, que serão alimentadas pelos geradores disponíveis. Para operar na faixa de trabalho mais “confortável” para os geradores – num compromisso entre alta eficiência (carga plena) e carregamento seguro (carga abaixo do limite) – utilizar carregamento com potências entre $0,6 \times P_{\text{nominal}}$ a $0,8 \times P_{\text{nominal}}$ dos geradores;
- Instalar os geradores em locais próximos das cargas por eles alimentadas afim de não aumentar o comprimento dos cabos de alimentação necessários;
- Utilizar anteparo móvel contra ruídos, preparado sob medida para os geradores disponíveis e dotado de ventilação forçada, que permita a instalação dos geradores a pequenas distâncias das cargas alimentadas;
- Dotar os geradores de painéis de medição para acompanhamento do carregamento destes equipamentos (com leitura de corrente ou potência), de forma a garantir maior segurança na operação dos geradores;
- Dotar os geradores de quadros de distribuição, munidos de disjuntor principal e disjuntores para cada linha de distribuição, estando estes dimensionados adequadamente para proteção de cada circuito alimentado.

5.2.2. Instalações elétricas e equipamentos de usos finais

- Manter os geradores o mais próximo possível das cargas elétricas para não ser necessário superdimensionar os cabos de distribuição;
- Dimensionar os cabos de distribuição (cabos que ligam os geradores às suas respectivas cargas) conforme os critérios de

queda de tensão e capacidade máxima do condutor, conforme tabela 15 reproduzida abaixo;

Tabela – Reprodução da Tabela 15 - Cabos de alimentação indicados

Avaliação do cabeamento indicado para utilização em gerador de 7,2 kVA					
Distância entre Gerador e CCM [m]	Limite de Corrente do Gerador [A]	* Limite de Corrente Sugerido [A]	** Mínimo Cabo segundo a corrente máxima [mm ²]	Cabo indicado segundo a queda de tensão máxima (4%) [mm ²]	Cabo Necessário para a utilização [mm ²]
100	18,9	13,6	2,5	10,0	10,0
80	18,9	13,6	2,5	10,0	10,0
55	18,9	13,6	2,5	6,0	6,0
35	18,9	13,6	2,5	4,0	4,0

* Corrente obtida considerando fator de potência de 0,9 e carregamento do gerador de 80%

** Segundo Tabela de Capacidade de condução de corrente [17] para 3 condutores carregados B2

- Para agilidade na montagem e desmontagem das instalações elétricas sem perda da qualidade das conexões, fazer uso dos conjuntos de iluminação e tomadas previamente montados;
- Realizar o aterramento das instalações com o uso de barras de cobre enterradas, ao menos, próximas aos geradores e ao CCM;
- Instalar pequenos painéis de distribuição, munidos de disjuntores para proteção e segmentação dos diferentes circuitos, próximos aos centros de cargas como, por exemplo, o Centro Cirúrgico Móvel;
- Priorizar a utilização de equipamentos novos e com alta eficiência no uso da energia elétrica:
 - Aparelhos de Ar Condicionado e Refrigeradores devem possuir nível A de eficiência no selo Procel;
 - Aparelhos Médicos devem ser novos e isentos de falhas ou mau funcionamentos intermitentes;
 - O sistema de iluminação deve fazer uso de luminárias reflexivas com lâmpadas tubulares e reatores de baixo

fator de potência. Sugere-se a utilização de lâmpadas fluorescentes de 32 W ou 16 W em substituição às de 40 W e 20 W comumente utilizadas;

- As lâmpadas fluorescentes compactas também podem ser utilizadas nos ambientes com menor área em substituição às lâmpadas incandescentes de 100 W ou 60 W;

6. Conclusões

O estudo realizado mostrou que o apoio técnico prestado ao grupo de médicos, com base em conceitos e tecnologias comerciais plenamente acessíveis, foi capaz de solucionar as principais dificuldades enfrentadas por eles quanto ao funcionamento dos equipamentos utilizados e garantia da disponibilidade do sistema elétrico, bem como apresentar procedimentos importantes para a busca de um aproveitamento eficiente da fonte energética disponível. Tais procedimentos colaboram para a realização das atividades médicas e cirúrgicas sem ocorrência de falhas elétricas que possam limitar o atendimento prestado.

Durante a avaliação realizada ao longo de uma expedição e processo de estudo das informações coletadas após este período, foi possível verificar que atitudes como a troca de equipamentos por outros mais eficientes encontrados facilmente no mercado, trazem os benefícios de economia de combustível, economia no gasto com combustível e transporte, melhoria da estabilidade do sistema elétrico, redução no dimensionamento dos cabos e conseqüente economia na compra destes materiais, contribuindo para o sucesso da atividade.

Outros cuidados apontados possuem caráter mais técnico, como os cuidados no dimensionamento dos geradores e suas cargas, a necessidade de aterramento do sistema elétrico, o dimensionamento luminotécnico para adequação da iluminação dos ambientes (principalmente o Centro Cirúrgico), a indicação de painel de distribuição para os geradores compostos de disjuntores e amperímetro para possibilitar proteção e acompanhamento correto da operação do sistema.

As sugestões apresentadas podem ser implantadas facilmente e já vem trazendo benefícios nas expedições realizadas recentemente, conforme apresentado no capítulo 5. É verdade que o processo de melhoria dos processos e instalações durante as expedições não deve acabar nunca, buscando-se cada vez mais um desempenho superior destes itens.

Espera-se que esse mestrado sirva de ponto de partida para uma maior conscientização do meio acadêmico quanto à necessidade de prestação de apoio especializado às iniciativas benéficas do ponto de vista social e humano e, principalmente, sirva de subsídio para que grupos médicos possam realizar suas atividades dentro do planejado, além de fornecer um embasamento para que possam obter apoio de empresas e outras entidades financiadoras de projetos semelhantes.

6.1. Resultados

Foram várias as indicações realizadas e até implantadas durante a expedição à comunidade de Vila Nova – São Gabriel da Cachoeira. A seguir são apresentados os principais resultados.

6.1.1. Sistema de Iluminação

O Sistema de Iluminação utilizado pelos Expedicionários era fortemente baseado em lâmpadas incandescentes, com presença de poucas lâmpadas fluorescentes compactas. A carga total instalada representou 4% da carga total instalada enquanto o consumo associado à iluminação representou 11% do total consumido.

Apesar de atingir tal participação no consumo total, os níveis de iluminamento verificados estavam abaixo do recomendado pela Norma NBR 5413 e prejudicavam as atividades de atendimento ambulatorial e cirúrgico.

O novo Sistema de Iluminação implantado no CCM, com a utilização de luminárias reflexivas e lâmpadas fluorescentes tubulares de 32 W, trouxe uma ampliação do nível de iluminamento do ambiente – com aumento de 760% com +380 lux – e redução da carga instalada em 10% com carga instalada total de 144 W.

Para os outros locais foram realizados projetos luminotécnicos que apontaram para a necessidade de ampliação da carga instalada em iluminação, com a utilização padronizada de luminárias reflexivas com duas

lâmpadas tubulares de 32 W, em virtude do baixo nível de iluminação existente nos ambientes. Todos os projetos luminotécnicos apontaram para aumento do nível de iluminação do local, com um aumento médio de 403%. A carga instalada apresentou aumento de 21,2% saltando de 772 W para 936 W.

O uso combinado de lâmpadas fluorescentes tubulares e lâmpadas fluorescentes compactas, solução que vem sendo implantada durante as últimas expedições, permite praticamente o mesmo nível de iluminação que o Sistema de Iluminação proposto pelos projetos luminotécnicos para uma carga instalada de 696 W, ou seja, uma redução de 9,8%.

6.1.2. Ar condicionado e refrigeração

Outros sistemas que devem ser alvos de projetos de troca de equipamentos por outros novos e mais eficientes são os sistemas de Ar Condicionado e Refrigeração.

Os aparelhos de Ar Condicionado são responsáveis por 38% do consumo de energia elétrica, conforme as medições realizadas. O uso de equipamentos com nível A de eficiência no Selo Procel, representaria uma redução de 13% no consumo energético desses aparelhos e resultariam numa economia de 2,9 Litros de gasolina ao dia.

Já os Refrigeradores e Freezers representam apenas 6% do consumo total de energia mas, devido ao pior estado de conservação destes equipamentos, a troca dos equipamentos por outros de maior eficiência energética possibilitaria uma redução de 52% no consumo deste sistema, com uma economia de 1,8 Litros de gasolina diariamente.

6.1.3. Instalações elétricas

As perdas por efeito joule associadas ao processo de distribuição da energia são consideráveis durante as expedições em virtude das longas distâncias entre os geradores e seus respectivos centros de carga. A medição da corrente ao longo do cabo de alimentação do Centro Cirúrgico Móvel

mostrou a dissipação de potência de 285 W, que em uma operação diária de aproximadamente 10 horas resulta no consumo de 2 Litros de gasolina no dia.

Para reduzir essas perdas na transmissão de energia a indicação mais eficaz é a redução da distância entre os geradores e as cargas alimentadas. A simples redução das distâncias acaba por ampliar o problema do excesso de ruído dos geradores, mas esta questão também pode ser contornada através de dispositivos de redução de ruídos.

Além da redução das perdas, as indicações envolvendo as instalações elétricas abrangem aspectos de segurança dos equipamentos, segurança das vidas humanas, garantia da correta operação do sistema, entre outros, que são indicados no item 6.1.4.

6.1.4. Outras indicações

Outros resultados da pesquisa são as indicações para a boa execução das instalações elétricas como forma de garantir a segurança da operação do sistema e segurança das pessoas usuárias dos ambientes atendidos.

Para garantia da proteção contra choques elétricos por parte dos usuários dos equipamentos e pacientes atendidos pela expedição é necessária a execução de aterramentos próximos aos geradores e aos principais centros de cargas.

Também indica-se o uso de painéis de distribuição munidos de disjuntores para proteção contra sobrecargas e para manobra segura dos circuitos elétricos alimentados pelo gerador.

Ainda na busca pela operação sem falhas do sistema elétrico sugere-se a utilização de instrumentos de medição, como amperímetros ou wattímetros, indicando o nível de carregamento dos geradores para que a equipe técnica possa buscar manter esse carregamento entre 60% e 80% da capacidade nominal desses geradores.

6.2. Sugestões de aprofundamentos

Os projetos de trocas de equipamentos apresentados nesta dissertação foram limitados às tecnologias que já possuem ampla utilização no mercado, mas estas de forma alguma são as únicas tecnologias disponíveis para uso nas condições similares às expedições realizadas pelos Expedicionários da Saúde.

Um bom exemplo das possibilidades de aprofundamento de estudos está na parte dos Sistemas de Iluminação. Mesmo para os projetos luminotécnicos aqui apresentados hoje já existem opções de lâmpadas fluorescentes tubulares com potências menores, como 28 W, ou outras tecnologias, como as lâmpadas a LED.

Como já apresentado nos estudos realizados, os aspectos de transporte das lâmpadas e luminárias que serão utilizadas é muito importante para definição de quais opções são realmente viáveis. É necessária, ainda, a realização de estudo de viabilidade econômica antes da implantação de quaisquer dessas tecnologias mais recentes.

Aprofundamentos similares a este da Iluminação podem ser realizados para as demais abordagens apresentadas ao longo desta pesquisa, como projetos de retrofit com maior redução no consumo energético, uso de sistemas automatizados para controle de demanda – iluminação com sensores de presença e sensores de nível de iluminamento, controle contra simultaneidade de cargas, etc – estudos para uso de interruptor diferencial residual, dentre outros.

Uma alternativa que também pode ser objeto de maiores estudos para substituição da fonte energética dos usos finais de Ar Condicionado e Refrigeração seria a utilização de equipamentos movidos a gás. Essa troca poderia reduzir a necessidade de transporte de gasolina e óleo diesel, que seriam trocados pelo transporte de botijões de gás, e aliviar a carga elétrica característica desses equipamentos providos de compressores – altamente intensiva – para o gerador. Hoje em dia estes equipamentos não são comumente encontrados no mercado nacional e sua utilização carece de estudo comprovando uma possível viabilidade econômica.

Outra grande necessidade por parte dos Expedicionários, e a cada dia mais uma necessidade de qualquer projeto realizado, diz respeito à sustentabilidade das fontes energéticas utilizadas durante as expedições. É verdade que a utilização energética durante duas semanas é bastante pontual e não justifica financeiramente – nem tampouco em outros aspectos (ambiental, logística, etc) – o uso de fontes alternativas de geração elétrica.

Entretanto, o meio onde acontece a expedição médica constitui-se em um grande laboratório de adversidades onde o uso de fontes alternativas de geração energética podem ser avaliadas frente às diversas limitações de transporte, espaço para instalação, grande distância dos centros urbanos fontes de equipamentos, etc.

Sugere-se, portanto, que grupos de pesquisa se associem aos Expedicionários da Saúde para realizar seus estudos de campo referentes ao uso de fontes alternativas de geração elétrica e, simultaneamente, favoreçam o grupo de médicos no tocante à disponibilidade de energia.

Ficou claro que as possibilidades de aprofundamento dos estudos associados aos assuntos aqui apresentados – como instalações elétricas, fontes energéticas, tecnologias eficientes de usos finais, etc – são inúmeras, bem como são incomensuráveis os benefícios que tais estudos podem trazer à população, em especial às populações locais.

7. Referências Bibliográficas

- [01] Censo Demográfico 2000 – <http://www.ibge.gov.br/censo/> - IBGE 2000;
- [02] Contagem da População 2007 – <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>
IBGE 2007.
- [03] Resumo Executivo – Saúde Indígena no Brasil. FUNASA/Ministério da Saúde.
- [04] Estatísticas da Saúde: Pesquisa de Assistência Médico-Sanitária 2005. IBGE – Rio de Janeiro, 2006.
- [05] Propostas para a interiorização da medicina – Informes AMB (Associação Médica Brasileira). Jornal da SBC – Sociedade Brasileira de Cardiologia – Jul/Ago 2009, página 13.
- [06] Expedicionários da Saúde – <http://www.expedicionariosdasaude.org.br/index.asp> . Acesso em Maio de 2010.
- [07] Indicadores Sociodemográficos e de Saúde no Brasil. ESTUDOS & PESQUISAS – Informação Demográfica e Socioeconômica. IBGE 2009.
- [08] Projeto Saúde e Alegria – <http://www.saudeealegria.org.br/portal/index.php>.
- [09] Correia, J.C. 2005. Atendimento energético a pequenas comunidades isoladas: barreiras e possibilidades. T&C Amazônia 6: 30-35
- [10] ALENCAR, José Henrique Barbosa de, e PACINI, João Luiz – Cirurgia de Catarata: Cirurgia Simples? Brasília Med 2009, páginas 414-415.
- [11] Honda – Características técnicas do gerador EU30is: http://www.honda.com.br/web/index.asp?pp=prod_forca&ps=marine&ps2=especific&id=18

- [12] RMS Sistemas Eletrônicos: <http://www.rms.ind.br/index.html>
- [13] Norma Brasileira NBR 5413 – Iluminância de Interiores – ABNT.
- [14] DIALux – Software livre para cálculo de iluminação: <http://www.dial.de/>
- [15] Softlux - Itaim Iluminação. Software Softlux disponível no website <http://www.itaimiluminacao.com.br>
- [16] Procel – Programa Nacional de Conservação de Energia (2009). Tabela de critérios do Selo Procel – 2009.
- [17] Norma Brasileira NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão – ABNT.
- [18] RTP 05 – Recomendação Técnica de Procedimentos – Instalações temporárias em canteiros de obras / Maurício José Viana; Artur Carlos Moreira da Silva; Orlando Cassiano Mantovani ...[et al]. São Paulo. Fundacentro, 2007.
- [19] ANDRÉ LUIZ MONTERO ALVAREZ Uso Racional e Eficiente de Energia Elétrica: Metodologia para a determinação dos potenciais de conservação dos usos finais em instalações de ensino e similares.
- [20] <http://www.joseclaudio.eng.br/> - Princípios de Funcionamento, instalação, operação e manutenção de grupos diesel geradores
- [21] Instalações Elétricas Temporárias em Canteiros de Obras – Esther Tomiyama. Trabalho de Conclusão de Curso. São Paulo, 2006.
- [22] Instalações Elétricas Industriais. João Mamede Filho, Rio de Janeiro, LTC, 2007.
- [23] Manual de instalações elétricas, Julio Niskier, Rio de Janeiro, LTC, 2005
- [24] <http://www.cresesb.cepel.br>
- [25] <http://www.kyocera.com.br>
- [26] Manual de Acústica, Stemac Geradores.

- [27] Aproveitamento de Pequenas Fontes de Energia Elétrica, Felix Alberto Farret, Editora da UFSM, 1999.
- [28] Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento, José Goldemberg e Luz Dondero Villanueva, Edusp, 2003.
- [29] Relatório Final – 4ª Conferência Nacional de Saúde Indígena. Ministério da Saúde, Conselho Nacional de Saúde e FUNASA – Fundação Nacional de Saúde – GOIÁS 2007.
- [30] Política nacional de atenção à saúde dos povos indígenas. FUNASA, BRASIL 2002.
- [31] Atenção básica e especializada aos povos indígenas: regulamentação dos incentivos. Fundação Nacional de Saúde. Brasília 2007.
- [32] Manual para especificações técnicas de sistemas de ar condicionado e iluminação. PROCEL 2005.
- [33] GIMENES, André Luiz Veiga. Modelo de Integração de recursos como instrumento para um planejamento energético sustentável. Tese (Doutorado), São Paulo, 2004.
- [34] BUORO, Anarrita Bueno. Conforto térmico e eficiência energética em hotéis econômicos. Dissertação (Mestrado – Tecnologia da Arquitetura) – FAUUSP. São Paulo, 2008.
- [35] PINTO, Sandra Regina. Análise das condições de iluminação das bibliotecas públicas municipais na cidade de São Paulo: diretrizes para um melhor aproveitamento da luz natural e redução do uso da iluminação artificial. Dissertação (Mestrado – Tecnologia da Arquitetura) – FAUUSP. São Paulo, 2008.
- [36] RIBEIRO, Alexandre dos Santos, SAIDEL, Marco Antonio. Eficiência energética em sistema elétrico isolado para atendimento de centro cirúrgico itinerante. Artigo Técnico – III CBEE, 2009.

[37] Manuais e informações técnicas de lâmpadas e luminárias OSRAM no website: http://www.osram.com.br/osram_br/

[38] Júnior, Raunilo H. V., Schaeffer, Roberto, Szklo, Alexandre S. Análise do Potencial de Conservação de Energia Elétrica em Hospitais Públicos de pequeno porte no Brasil: Sistemas de Iluminação e Ar Condicionado do tipo janela. (2006).

[39] Ribeiro, Zenilda B., Fagá, Murilo T. W. Parâmetros para análise de projetos de eficiência energética em eletricidade – dissertação de mestrado – PIPGE/USP, (2005).

[40] PAZZINI, Luiz Henrique Alves, RIBEIRO, Fernando Selles, KURAHASSI, Luiz Fernando *et al.* Luz para todos no campo: a universalização do atendimento de energia elétrica na zona rural brasileira.

[41] NOGUEIRA, Carlos E. C., ZÜRN, Hans H. Modelo de dimensionamento otimizado para sistemas energéticos renováveis em ambientes rurais. Artigo Técnico – Eng. Agrícola. Jaboticabal, 2005.

[42] FERNANDES, Rúben Filipe de Carvalho Fernandes, MOURA, António Machado. Eficiência Energética de Edifícios versus Qualidade de Iluminação. Prova de Dissertação do MIEEC, 2008.

[43] ALVES, Sizenando Silveira. Tipificação dos instrumentos de políticas de apoio à eficiência energética: a experiência mundial e o cenário nacional. Dissertação (Mestrado) EPUSP. São Paulo, 2007.