



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL EM
MUNICÍPIOS



CLAUDINEI DE ALMEIDA

ANÁLISE DE VIABILIDADE SOCIO-ECONÔMICA NA IMPLANTAÇÃO
DE UM CONDOMÍNIO DE AGROENERGIA NO MUNICÍPIO DE SÃO
MIGUEL DO IGUAÇU – PR

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

MEDIANEIRA

2015

CLAUDINEI DE ALMEIDA



**ANÁLISE DE VIABILIDADE SOCIO-ECONÔMICA NA
IMPLANTAÇÃO DE UM CONDOMÍNIO DE AGROENERGIA NO
MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇU – PR**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós Graduação em Gestão Ambiental em Municípios – Pólo UAB do Município de Foz Do Iguaçu/PR, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Medianeira.

Orientador: Prof. Dr. Laercio Mantovani Frare

MEDIANEIRA

2015



TERMO DE APROVAÇÃO

Análise de Viabilidade Socioeconômica na Implantação de um Condomínio de Agroenergia no Município de São Miguel do Iguaçu – Pr

Por

Claudinei de Almeida

Esta monografia foi apresentada às 09 h do dia 28 de fevereiro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios – Pólo de Foz do Iguaçu, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho Aprovado.

Prof. Dr. Laercio Mantovani Frare
UTFPR – Câmpus Medianeira
(orientador)

Prof. Me. Thiago Edwirges
UTFPR – Câmpus Medianeira

Prof. Me. Eduardo Lyerd
UTFPR – Câmpus Medianeira

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso.-

Dedico este, assim como todas as demais conquistas, a minha família, por ser meu alicerce em todos os planos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, pela fé e perseverança para vencer os obstáculos.

Aos meus pais, pela orientação, dedicação e incentivo nessa fase do curso de pós-graduação e durante toda minha vida.

A minha esposa Fernanda S. Colombari de Almeida, pela sua compreensão e seu amor.

Ao meu orientador professor Dr. Laércio Mantovani Frare, pelas orientações ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço aos professores do curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios, professores da UTFPR, Câmpus Medianeira.

Agradeço aos tutores presenciais e a distância que nos auxiliaram no decorrer da pós-graduação.

Aos meus colegas de mestrado Andrei Antonio Mondardo e Leonardo Contini, por toda ajuda nesse projeto.

Enfim, sou grato a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização desta monografia.

*“Não seja melhor que os outros,
seja melhor para os outros .”
Padre Léo – Canção Nova*

RESUMO

ALMEIDA, Claudinei de. **Análise de Viabilidade Socioeconômica na Implantação de um Condomínio de Agroenergia no Município de São Miguel do Iguaçu/PR**. 2014. 59 folhas. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

O Brasil é um País com grande potencial agropecuário, favorecido por sua posição geográfica, todos os Estados brasileiros possuem uma parte de sua economia baseada na agropecuária, sendo ela de várias atividades, mas predominantemente das atividades agricultura, pecuária bovina e/ou suína. A pecuária gera uma grande quantidade de dejetos, que podem ser aproveitados energeticamente. Por meio do tratamento dos dejetos em biodigestores, as bactérias anaeróbias produzem o biogás, que pode ser utilizado como combustível para geração de energia. Uma alternativa para geração de energia em larga escala é a junção dessas propriedades próximas, formando os chamados Condomínios de Agroenergia, com meta de acumular o biogás produzido e utilizar na geração de energia, no entanto, ainda é escasso estudos sobre a viabilidade financeira de tais projetos. Analisando brevemente o aumento gradativo do consumo de energia elétrica no Brasil, o presente estudo se justifica na necessidade em conciliar o Social, Econômico e o Ambiental, onde, verificou-se a possibilidade de geração de energia, por meio da instalação de Biodigestores em sete propriedades de suínos e bovinos, que se localizam no Município de São Miguel do Iguaçu, para reduzir o Impacto Ambiental, odores provenientes de esterqueiras, melhorar a qualidade de vida dos proprietários de granjas e vizinhos e utilizar o biogás gerado nos biodigestores para produção de energia elétrica para suprir as necessidades das propriedades. Foram realizadas algumas pesquisas a campo para levantamento de informações necessárias no estudo de viabilidade. Utilizando a ferramenta de PayBack simples para o retorno financeiro, o estudo apontou um retorno de investimento de aproximadamente 22 meses, tornando-se, portanto, viável. Ainda são necessários vários estudos referentes a Condomínios de Agroenergia, pois, muitas são as variáveis nesses projetos, podendo não ser utilizado à mesma metodologia em outros casos.

Palavras-chave: Condomínio, Biogás, Gasoduto, Granjas, Energia

ABSTRACT

ALMEIDA, Claudinei de. **Socioeconomic Feasibility Analysis on the Implementation of Agroenergia condo in the city of São Miguel do Iguçu/PR**. 2014. 59 folhas. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

Brazil is a country with great agricultural potential, favored by its geographical position, all Brazilian states have a part of its economy based on agriculture, it is a variety of activities, but predominantly from agricultural activities, cattle and / or swine . Livestock generates a lot of waste, which can be availed energy. By treatment of desires in digesters, anaerobic bacteria produce biogas, which can be used as fuel for power generation. An alternative to large-scale power generation is the combination of these properties nearby, forming so-called charges of Agro-energy, with a goal of accumulating the produced biogas and use in power generation, however, is still scarce studies on the financial viability of such projects. Briefly analyzing the gradual increase of electricity consumption in Brazil, this study is justified on the need to reconcile the Social, Economic and Environmental, where there was the possibility of power generation, through biodigesters installation in seven pigs and cattle properties, which are located in São Miguel do Iguçu, to reduce the environmental impact, odors from farms, improve the quality of life of farm owners and neighbors and use the biogas generated in digesters to produce energy electricity to meet the needs of the properties. Were carried out some research into the field to survey the necessary information in the feasibility study. Using the simple payback tool for financial return, the study found a roughly 22 months return on investment, making it therefore feasible. Several studies are needed regarding charges of Agroenergia therefore many variables in these projects and cannot be used the same methodology in other cases .

Keywords: Condominium, Biogas, Gas Pipeline, Farms, Energy

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produção de suínos no Brasil – 2003.....	14
Figura 2 – Composição média dos gases presentes no biogás.....	17
Figura 3 – Esquema do modelo de geração convencional.	20
Figura 4 – Esquema do modelo de geração distribuída.	20
Figura 5 – Condomínio de Agroenergia.....	22
Figura 6 – Fluxograma dos procedimentos para o projeto.....	23
Figura 7 – Croqui de cada propriedade.....	25
Figura 8 – Croqui do gasoduto central e conjunto motor gerador.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação do poder energético do biogás com outros combustíveis.....	17
Tabela 2 – Check list dos proprietários e propriedade.....	24
Tabela 3 – Cenários de visualização do retorno financeiro de Geração de energia.....	28
Tabela 4 – Check list dos proprietários e propriedades	30
Tabela 5 – Equipamentos necessários em cada propriedade	31
Tabela 6 – Equipamentos utilizados para Geração de Energia	32
Tabela 7.- Quantificação da produção de Biogás	32
Tabela 8 – Diâmetro das tubulações ramais e central do Condomínio	33
Tabela 9 – Investimento para instalação do gasoduto ramal + central	34
Tabela 10 – Investimento de cada propriedade, desde a produção, até a chegada do biogás ao conj. Motor-gerador	34
Tabela 11 – Conjunto motor gerador selecionados	35
Tabela 12 – Cenário escolhido	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1 PAINEL DA AGROENERGIA NO BRASIL.....	14
2.2 BIOGÁS.....	16
2.3 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA.....	18
2.4 ANÁLISE ECONÔMICA.....	21
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DA PESQUISA.....	22
3.2 METODOLOGIA.....	23
3.2.1 Metodologia para determinação do local para implantação do projeto.....	24
3.2.2 Metodologia para coleta de informações dos proprietários/propriedade.....	24
3.2.3 Metodologia para levantamento de equipamentos e materiais necessários para adequação de cada propriedade.....	24
3.2.4 Metodologia para o levantamento dos equipamentos a serem instalados para geração de energia e contato com os fornecedores.....	25
3.2.5 Metodologia para dimensionamento do sistema de coleta de biogás.....	26
3.2.6 Análise de viabilidade financeira da implantação do cenário geração de energia....	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1 INFORMAÇÕES DOS PROPRIETÁRIOS/PROPRIEDADES.....	29
4.2 EQUIPAMENTOS E MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA ADEQUAÇÃO DE CADA PROPRIEDADE.....	31
4.3 EQUIPAMENTOS A SEREM INSTALADOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA	31
4.4 RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE COLETA DE BIOGÁS...	32
4.5 ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO DO CONDOMÍNIO DE AGROENERGIA	33
5 CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS.....	38
APÊNDICES.....	40
APÊNDICE A – Tempo de Retorno de Investimento	41
APÊNDICE B – Croqui Gasoduto.....	42
ANEXOS.....	43
ANEXO A – Regulamento de Instalações Prediais - COMGAS®.....	44

1 INTRODUÇÃO

O Sistema Energético Nacional vem passando por constantes transtornos nos últimos anos, mesmo com a ampliação e implantação de diversos equipamentos para melhorar a malha elétrica brasileira, algumas falhas no setor ainda causam contratempos no fornecimento de energia elétrica para algumas regiões do País.

Anos atrás começou a ser estudada uma nova forma de utilizar as diversas formas de energia do Planeta para, não apenas auxiliar no fornecimento de energia, mas também, para mitigar a degradação ambiental, foi aí que se conheceram as chamadas “fontes alternativas de energia”, que ganham um espaço maior no mercado de energia, por serem renováveis, ou seja, intermináveis.

O Brasil possui potencial energético, não apenas em hidroelétricas, mas também, com fontes de energia alternativa, tais como: energia solar, eólica, biomassa, entre outras. Algumas dessas fontes alternativas são geradas por meio da mitigação de alguns impactos ambientais, como por exemplo, a energia da Biomassa ou Biogás.

Quando se classificam os pontos com maior potencial poluidor nos municípios, tem-se como exemplo as áreas rurais, como toda produção de alimentos, é quase impossível não ter geração de alguns resíduos, como no caso das granjas de suínos e aviários. Com o aumento da poluição nas áreas rurais, houve a necessidade de pesquisar formas de mitigar os impactos gerados por granjas, sendo o mais eficaz no tratamento de resíduos a utilização de Biodigestores, esses são responsáveis pela neutralização dos dejetos suínos nas propriedades, tendo uma grande participação na geração de energia por parte dos pequenos produtores.

Analisando brevemente o aumento gradativo do consumo de energia elétrica no Brasil que foram surgindo ideias de como suprir algumas necessidades elétricas em alguns municípios, sendo assim, o presente estudo se justifica na necessidade em conciliar o Social, Econômico e o Ambiental, onde, verificou-se a possibilidade de geração de energia, por meio da instalação de Biodigestores em sete propriedades de suínos e bovinos, que se localizam no Município de São

Miguel do Iguaçu, para reduzir o Impacto Ambiental, odores provenientes de esterqueiras e melhorar a qualidade de vida dos proprietários de granjas e vizinhos. E utilizar o biogás gerado nos biodigestores para produção de energia elétrica para suprir as necessidades das propriedades ou comercialização.

Portanto, por meio deste estudo pretende – se levantar os dados de quantidade de animais, gasto com energia elétrica das propriedades, medir a distância entre as propriedades, calcular os gastos com implantação de biodigestores, gasodutos, mão de obra em cada propriedade, calcular o gasto com instalação do conjunto motor-gerador para geração de energia, bem como, gasoduto central para condução do biogás até a unidade, calcular o PayBack simples e taxa de retorno da implantação dos equipamentos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PAINEL DA AGROENERGIA NO BRASIL

Segundo Balanço Energético Nacional BEN (2010) cerca de 44% das formas de energia utilizadas hoje, provêm de fontes não renováveis, que além de serem fontes finitas, emitem gás carbônico (CO₂) por meio de sua queima, contribuindo para o problema do século conhecido como aquecimento global. A importância das alterações climáticas, a crescente preocupação sobre o aumento dos preços dos combustíveis fósseis para transporte, assim como a segurança energética, faz com que muitos países encarem as fontes de energia renovável como um elemento chave para a estratégia nacional de energia e redução de impactos ao meio ambiente (MOERS *et al.*, 2011).

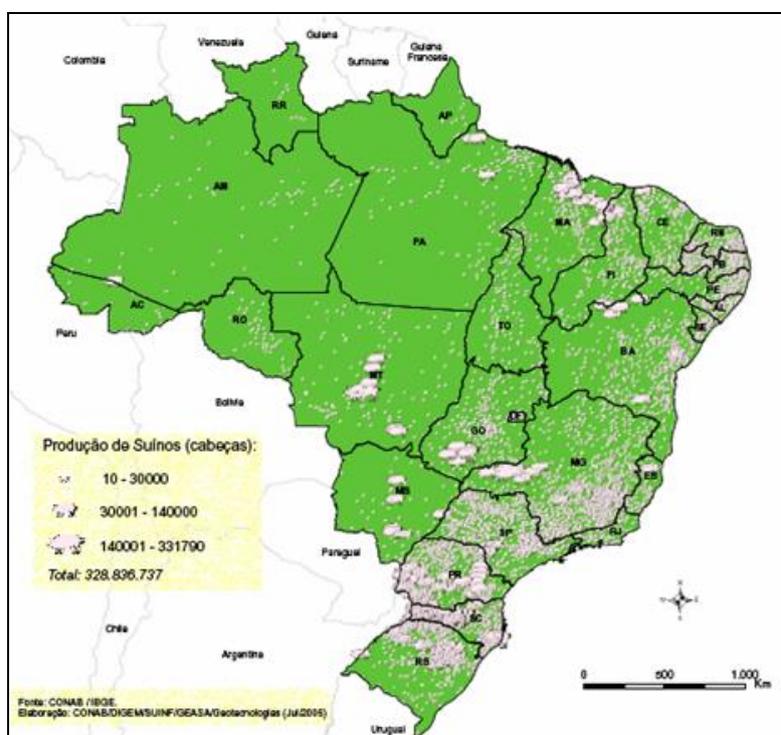


Figura 1 – Produção de suínos no Brasil – 2003.

Fonte: CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento – IBGE (2003).

A agroenergia só é possível graças à demanda de biomassa, que é definida como todo material orgânico de origem vegetal e que deriva da reação entre gás carbônico e luz solar, ou seja, pelo processo de fotossíntese, a qual armazena fração de energia solar nas ligações químicas de seus componentes (SOUZA *et al.*, 2002 *apud* MOERS *et al.*, 2011)

As energias alternativas tem como característica principal, o seu potencial de utilização, pois, não possuem um limite de tempo para utilização São fontes limpas de energia, conhecidas como energias verdes, por não poluírem a atmosfera com gases de efeito estufa. A única exceção é a biomassa, quando há queima de resíduos, o que origina dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio (RODRIGUES, 2004).

Produzidas pelo calor do sol, pela força do vento ou da água, tem a vantagem de poderem ser utilizadas localmente, diminuindo a dependência energética em relação aos países produtores de petróleo e gás natural.

As fontes de energias renováveis tem ainda, um custo elevado de instalação, além da pouca sensibilização para com elas, inclusive devido à falta de informação por parte dos consumidores (CARAPETO, 1998).

Muitas análises têm evidenciado que, se considerados a situação financeira da maioria dos produtores no Brasil, os custos para implantação de granjas e aviários para criação de suínos e aves são relativamente altos. No entanto, a utilização de equipamentos e técnicas adequadas e a consideração dos dois subprodutos da digestão, o biofertilizante e o biogás, tornam os investimentos viáveis economicamente, alguns com retorno em alguns meses. “A combustão útil do biogás pode tornar a propriedade auto-suficiente em geração de energia para seus processos de criação de maneira limpa e energeticamente eficiente” (LIRA, DOMINGUES; MARRA, 2008).

De acordo Dreger (2010), um suíno produz diariamente de 09 a 18 L de dejetos, esse dejetos convertido em energia poderia ser utilizado para as mais diferentes finalidades. Essa alternativa contribuiria também para reduzir os impactos ambientais. Cinco mil animais poderiam gerar cerca de 466.000kW/ano de energia, o que equivale ao consumo de quase 400 pessoas/ano.

2.2 BIOGÁS

Em meados do século XIX, um aluno de Pasteur, chamado Ulysse Gaion, por meio de uma fermentação anaeróbia de uma mistura de estrume contendo água obteve como resultado um gás que poderia ser utilizado como fonte de aquecimento e iluminação, mais tarde, esse gás passou a ser conhecido como Biogás (PIEROBON, 2007).

Atualmente o biogás vem sendo utilizado para gerar energia, por meio de conjuntos motor gerador, no entanto, existem alguns níveis de CH_4 e H_2S que fazem com melhora o rendimento do motor, quando o biogás utilizado tem uma porcentagem de CH_4 maior que 60%, o motor funciona com maior rendimento, quanto menos H_2S presente no biogás, maior será a durabilidade do motor (MARCHAIM, 1992 *apud* SUZUKI *et al.*, 2011).

O biogás é composto por grande parcela de gás metano (CH_4), que quando lançado na atmosfera apresenta potencial de poluição 21 vezes superior ao dióxido de carbono (CO_2) no que se refere ao efeito estufa (COELHO, 2006). A composição do biogás pode variar de 50 a 80% de gás metano (CH_4), 20 a 50% de gás carbônico (CO_2) e pequenas porcentagens de gases traços como: gás sulfídrico (H_2S), nitrogênio (N_2) e hidrogênio (H_2) (FILHO, 1981; AXAOPOULUS e PANAGAKIS, 2006; MARTINS e ASSIS, 2007). Outros autores citam valores semelhantes na composição do biogás, Kunz (2008) encontrou as seguintes porcentagens no biogás: 50 a 70% de CH_4 , 20 a 40% de CO_2 , 0,4 a 0,6% de H_2S . Na Figura 2 pode-se observar a composição média de elementos presentes no biogás.

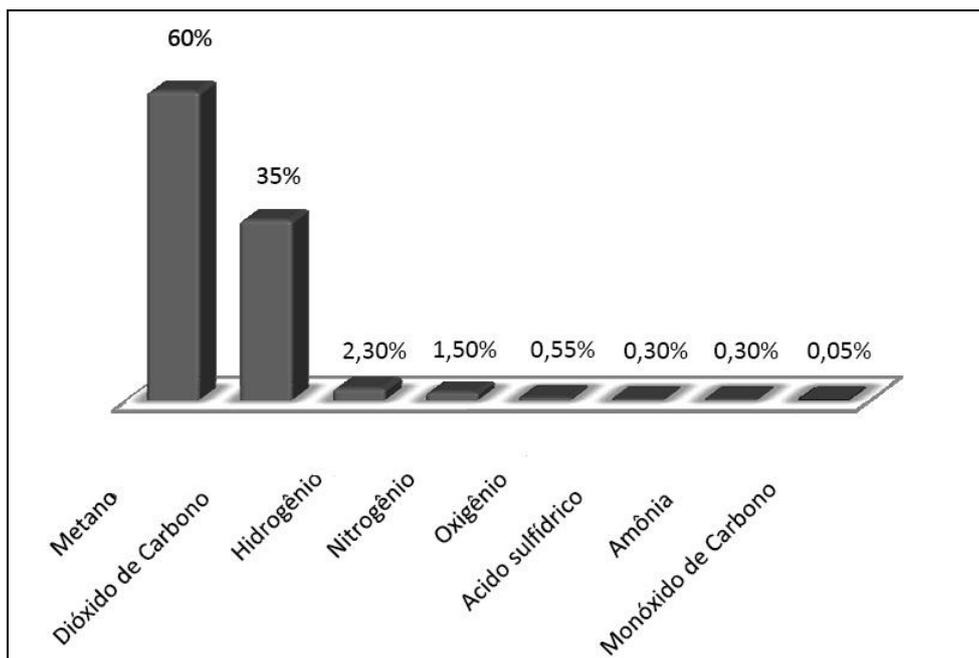


Figura 2 – Composição Média dos Gases Presentes no Biogás.

Fonte: Adaptado de CASTANÓN (2002).

Segundo Oliveira (1993) citado por Souza *et al.* (2004) 1m³ de dejetos suíno produz aproximadamente 50 m³ de biogás, ou seja, cerca de 0,051 m³ de biogás por kg de dejetos. Na mesma linha de pesquisa, Lucas Junior (2000), encontrou o valor de 70 litros ou 0,07 m³ de biogás para cada quilo de dejetos. Na Tabela 1 pode-se observar a comparação do biogás com outras fontes energéticas.

Tabela 1 – Comparação do poder energético do biogás com outros combustíveis

Combustíveis	1 m³ de Biogás
Gasolina	0,613 L
Querosene	0,579 L
Óleo Diesel	0,553 L
Gás de Cozinha (GLP)	0,454 L
Lenha	1,536 kg
Álcool Hidratado	0,790 L
Eletricidade	1,428 kW

Fonte: BARRERA, 2003.

No Brasil, se intensificou o interesse pelo biogás entre as décadas de 70 e 80, principalmente por parte dos suinocultores. Algumas empresas e programas governamentais induziram e subsidiaram a implantação de muitos biodigestores

nas propriedades rurais, com o foco principal na geração de energia (KUNZ, 2010).

Segundo o mesmo autor, os programas governamentais tinham como objetivo a redução de dependência das pequenas propriedades rurais em adquirir adubos químicos e também de energia térmica e elétrica para usos como: iluminação, cozimento, aquecimento entre outros, bem como, a redução da poluição oriunda de dejetos dos animais além do aumento de renda pela parte dos criadores.

O processo de formação do biogás é chamado de biodigestão, mas para que o biogás possa ser utilizado em outros fins, este processo deve ocorrer de maneira controlada por equipamentos denominados biodigestores (LOPES, 2002).

A Energia pela biomassa é muito utilizada hoje em dia e é dividida em três classes, sólida, líquida e gasosa.

2.3 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) foi criada por meio da Lei 9.427 de 26 de dezembro de 1996, vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME). Trata-se do órgão responsável em proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade (ANEEL, 2009).

Com o aumento de produtores investindo em geração distribuída de energia, a ANEEL instituiu uma Legislação para controlar projetos de geração e venda de energia para as empresas consorciadas e a distribuição de energia, sendo as Resoluções 390/09 e 395/09 para fixar as mudanças de critérios no PRODIST – Procedimentos de Distribuição do setor elétrico, que permite a energia elétrica em geração distribuída, gerada com biogás e saneamento ambiental, por geradores de pequeno porte, menores do que 1 MW, e em baixa tensão possa ser conectada em redes de distribuição (ANEEL, 2009).

Segundo ANEEL (2009), os sistemas de distribuição de energia elétrica no Brasil são atualmente formados pelas linhas de eletricidade com tensão inferior a 230 kV, dividido em três grupos de energia:

- Baixa Tensão (BT) → Valor eficaz é igual a 1 kV;
- Média Tensão (MT) → Valor eficaz é superior a 1 kV e inferior a 69 kV;
- Alta Tensão (AT) → Valor eficaz é igual ou superior a 69 kV e inferior a 230 kV, ou instalações em tensão igual ou superior a 230 kV, quando especificamente definidas pela ANEEL.

No dia 15 de dezembro de 2009 a ANEEL publicou a Resolução 390, que estabelece parâmetros necessários à outorga de autorização aos produtores de gerarem sua própria energia, na mesma data, foi também publicada a resolução 395 que aprovou os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST). Estas duas resoluções entraram em vigor a partir de 01 de janeiro de 2010, dando assim o ápice do trabalho conjunto da ITAIPU Binacional, Companhia Paranaense de Energia (COPEL), Cooperativa Lar, Sanepar, Granja Star Milk e Granja Colombari. Estas instituições estão em trabalho conjunto no Programa de Geração Distribuída por meio da utilização do biogás (PLATAFORMA ITAIPU DE ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2010 *apud* FERNANDES, 2011).

No ano de 2002, o Ministério de Minas e Energia, criou a Lei nº.: 10.438/02, que deu início ao Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia – PROINFA. Este programa tem como objetivo principal aumentar a participação de produtores independentes na geração de energia elétrica, a partir de fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e biomassa no Sistema Interligado Nacional (SIN). Com isso, surge uma grande oportunidade para que pequenos geradores de energia elétrica, utilizando biogás como fonte primária de energia, venham a ser implantados, promovendo com isso uma participação dessa fonte renovável de energia na grande Matriz Energética Nacional (BLEY JR, 2010).

O PROINFA teve sua atuação decisiva quando por meio dele o Governo Federal no Decreto 5.123/2004, oficializou a instituição no Brasil do Sistema de Geração Distribuída, um ponto crucial para o avanço das energias renováveis, pois permite a conexão da energia gerada nas redes de distribuição de energia

implantadas pelo setor elétrico, para chegar aos pontos de carga e atender as demandas. Além de ser uma forma de geração de energia limpa, também é uma forma mais econômica, que pode ser observados nas Figuras 3 e 4.

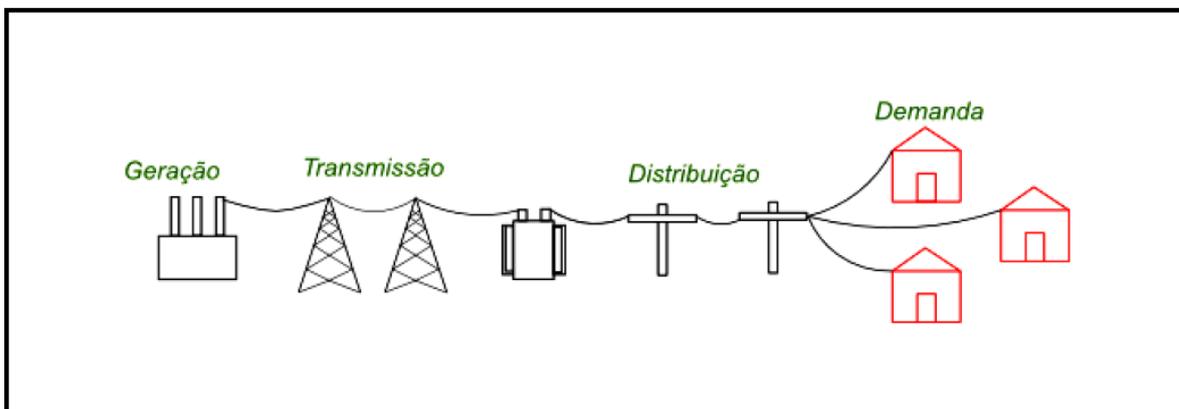


Figura 3 – Esquema do Modelo de Geração Convencional.

Fonte: Adaptado da Coordenadoria de Energias Renováveis - CEB (2009).

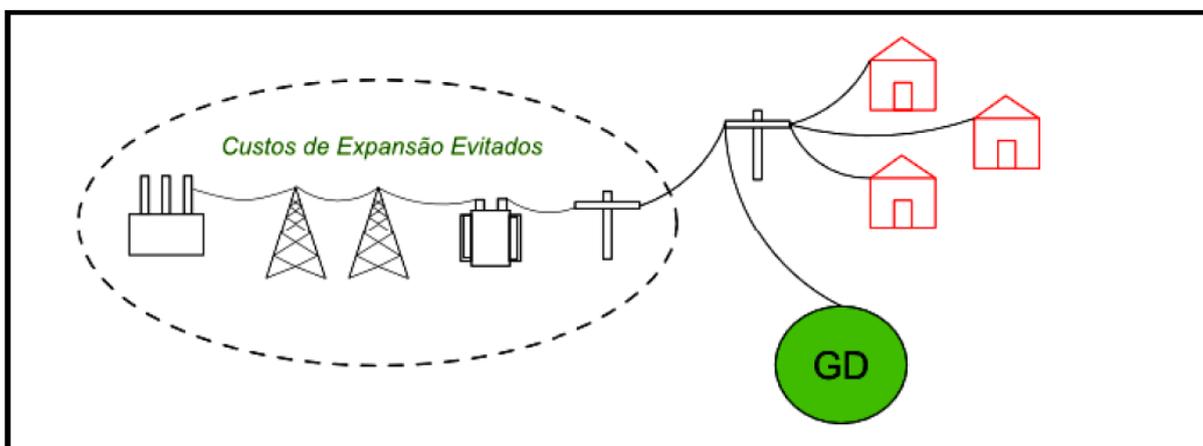


Figura 4 – Esquema do Modelo de Geração Distribuída.

Fonte: Adaptado da Coordenadoria de Energias Renováveis - CEB (2009).

O sistema elétrico instalado no Brasil é essencial para a população, tendo aproximadamente 100.000 km de rede, no entanto, o valor gasto com manutenção, implantação e modificação da rede é muito alto. Analisando essa situação, a utilização de fontes de geração distribuída de energia é citada como uma forma de reduzir esses gastos citados (BLEY JR, 2011).

2.4 ANÁLISE ECONÔMICA

É chamado *Payback* o período de retorno do valor investido em determinado projeto, equipamento, material. Este, pode ser calculado de duas formas, *payback* simples e descontado. Sendo que, o *payback* simples calcula o tempo (dias, meses, anos) necessário para que se recupere o dinheiro investido, no entanto, o *payback* simples não leva em consideração as taxas pertinentes à comercialização do dinheiro, tais como: inflação, fluxo de caixa, valor do dinheiro no tempo. O *payback* descontado tem o princípio de funcionamento do *payback* simples, no entanto, este leva em consideração as demais taxas (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2007).

3 MATERIAIS E METODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DA PESQUISA

As propriedades estudadas localizam-se 15 km a noroeste do município de São Miguel do Iguçu-PR, na Comunidade de Santa Rosa do Ocoí. O Condomínio será composto por 7 propriedades, tendo um gasoduto central interligando cada propriedade e canalizando o biogás produzido para a Central de Geração Distribuída, conforme pode ser observado na Figura 5.



Figura 5 – Condomínio de Agroenergia;

Fonte: Google Earth (2014).

O clima é subtropical úmido, com verões quentes e ocorrência pouco freqüente de geadas no inverno. Tendência à concentração de chuvas nos meses de verão. O mês mais frio é julho, com temperatura entre 14°C e 16°C. O mês mais quente é fevereiro, com temperatura média de 25°C a 35°C. A temperatura média anual é de 22,14°C (IBGE, 2000).

O projeto teve por finalidade a análise quantitativa, pois, os resultados mostraram a viabilidade financeira para a execução do trabalho proposto pelo projeto.

3.2 METODOLOGIA

Para realizar a análise de viabilidade financeira do condomínio, foi criado um fluxograma de acordo com as prioridades do projeto, podendo ser observados na Figura 6.

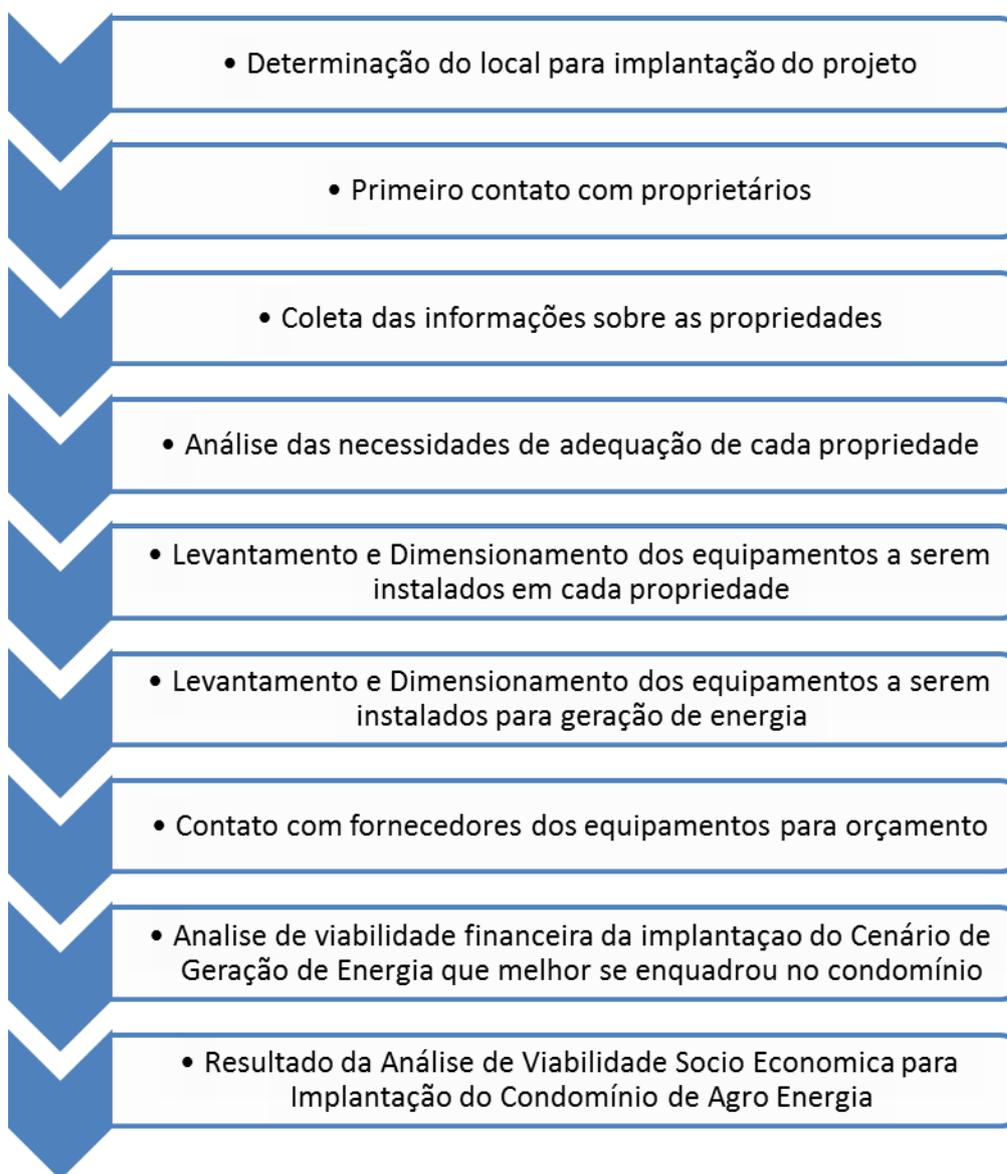


Figura 6 – Fluxograma dos procedimentos para o projeto.

3.2.1 Metodologia para Determinação do local para implantação do projeto

O local foi escolhido pelo fato de que as propriedades estão geograficamente favorecidas, tanto pela distância entre as propriedades, da primeira até última aproximadamente 3320 metros em linha reta, quanto pela declividade do terreno. Esses fatores favorecem diretamente a geração de energia, pois, evitam as perdas de carga com o transporte do biogás, por meio do gasoduto e reduz custos de manutenção.

3.2.2 Metodologia para Coleta de Informações dos proprietários/propriedades

Para obter as informações dos proprietários e propriedades envolvidas no Condomínio, foram feitas duas visitas no local, sendo que a primeira foi para apresentação do profissional responsável, bem como, apresentação do projeto de viabilidade. A segunda visita teve como objetivo realizar o check list das propriedades, onde foram aplicadas as seguintes questões, podendo ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 – Check list dos proprietários e propriedades.

Nome produtor
Atividade
Quantidade de Animais
Tem interesse no Projeto

3.2.3 Metodologia para Levantamento de Equipamentos e Materiais Necessários para Adequação de cada propriedade

Para que as propriedades pudessem fornecer o biogás para a geração de energia, foi necessário a projeção de um biodigestor para cada propriedade, de acordo com o número de animais, para o tratamento dos dejetos e posterior produção de biogás.

Os proprietários são responsáveis pelo gasoduto ramal, que inicia no biodigestor até o gasoduto central, podendo ser observados na Figura 7. Por não haver uma Norma Técnica exclusiva para instalações de biogás, esta tubulação foi dimensionado para gás natural, de acordo com o Regulamento de Instalações Prediais, cap.5, Dimensionamento, da COMGÁS® (ANEXO I).

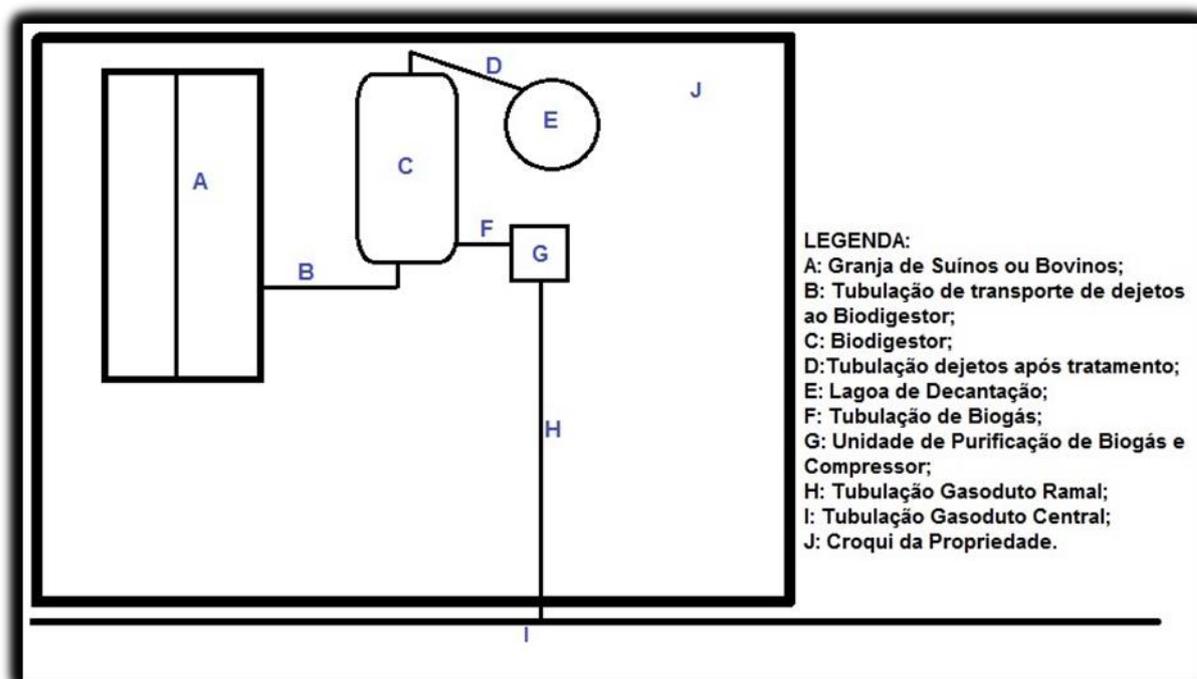


FIGURA 7 – Croqui de cada propriedade.

3.2.4 Metodologia para o Levantamento dos equipamentos a serem instalados para geração de energia e Contato com os Fornecedores

Para geração de energia, foram considerados os seguintes equipamentos: gasoduto central, tubulação onde são ligados os ramais das 7 propriedades até o gasômetro, casa de máquinas, gasômetro e conjunto motor-gerador, podendo ser observados na Figura 8, sendo que, o gasoduto central foi

rateado entre as propriedades, de forma proporcional ao fornecimento de biogás de cada uma.

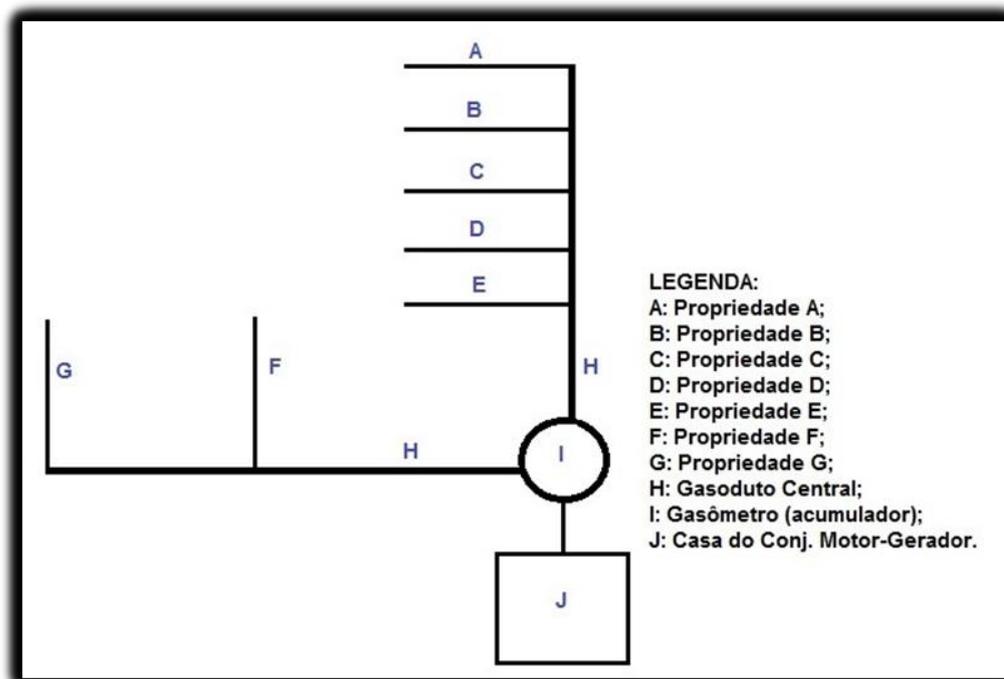


Figura 8 – Croqui do gasoduto central e conjunto motor gerador.

Depois de feito a relação dos equipamentos, foram solicitados orçamentos a três empresas especializadas no fornecimento dos serviços e equipamentos para as propriedades, a empresa escolhida tem sua matriz no Município de Marechal Candido Rondon/PR.

Para escolha do conjunto motor-gerador foram solicitados orçamentos de duas empresas, a empresa escolhida tem sua matriz no Município de Toledo/PR. A escolha das empresas foi realizada não apenas pelo valor total, mas, pelo atendimento no pós-venda e manutenção.

3.2.5 Metodologia para Dimensionamento do Sistema de Coleta de Biogás

O gasoduto foi dimensionado de acordo com a produção de biogás de cada propriedade, pois, o plantel de animais variam de 500 a 2050 suínos e 25 a 80 bovinos.

A produção de biogás tem uma variação considerável durante o ano, pois, segundo Lucas Junior (2009), a temperatura para melhor produção de biogás deve estar entre 30 a 35°C, e, segundo a Agência de Desenvolvimento Econômico do Oeste do Paraná, ADEOP, (2010) um suíno produz cerca de 0,49 m³.biogás.dia⁻¹, levando em consideração a variação desses valores, para o cálculo de vazão e velocidade do biogás, foi utilizado o valor de produção de 0,30 m³.biogás.dia.suíno⁻¹. Por não haver uma Norma Técnica exclusiva para tubulações de biogás, este gasoduto foi dimensionado para gás natural, de acordo com o Regulamento de Instalações Prediais, cap.5, Dimensionamento, da COMGÁS®, conforme as Equações abaixo relacionadas.

A Equação (01) foi utilizada para quantificar o biogás produzido em cada propriedade.

$$Q_i = (S * 0,30 + B * 0,15) / 24 \quad (01)$$

Onde:

Q_i = Quantidade de Biogás produzido em cada propriedade (m³.h⁻¹);

S = Quantidade de Suínos em cada propriedade;

B = Quantidade de Bovinos em cada propriedade.

A Equação (02) foi utilizada para determinar qual o diâmetro da tubulação para ramal de cada propriedade.

$$D = \sqrt{\frac{354 * Q_i}{(P_m + 1,033) * V_i}} \quad (02)$$

Onde:

D = Diâmetro da tubulação (mm);

Q_i = Quantidade de Biogás produzido em cada propriedade (m³.h⁻¹);

V_i = Velocidade do biogás na tubulação (30m.s⁻¹);

P_m = Pressão Manométrica de Operação (kgf.cm⁻²).

A Equação (03) foi utilizada para determinar a quantidade total de biogás produzida no condomínio (m³.h⁻¹)

$$Q_t = \sum Q_i \quad (03)$$

onde:

Q_i = Quantidade de gás produzida na respectiva propriedade em $m^3.h^{-1}$

3.2.6 Análise de viabilidade financeira da implantação do cenário de geração de energia

Em virtude da instabilidade do mercado financeiro, foi optado para análise de viabilidade financeira a utilização da ferramenta PayBack simples em planilha eletrônica.

Após o levantamento dos valores de equipamentos e materiais, bem como da geração de energia, foram criados quatro cenários para melhor ser visualizada a geração de energia e retorno financeiro, podendo ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 – Cenários de visualização do retorno financeiro de Geração de energia

Cenários	Qtd. Conj. Motor-Gerador.	Geração de energia (horas.dia⁻¹)
01	1	8
02	1	24
03	2	8
04	2	16

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 INFORMAÇÕES DOS PROPRIETÁRIOS/PROPRIEDADES

Com base nas informações coletadas a campo, foi criada uma Planilha com os dados dos proprietários e propriedades.

Com as quantidades de animais em cada propriedade foi possível calcular a produção total de biogás, pois, esse valor é necessário para dimensionar os sistemas de gasodutos, ramais e central.

Esse valor também é necessário para escolha do conjunto motor gerador a ser utilizado no Condomínio de Agroenergia.

Identificação das propriedades e quantidade de animais podem ser observados na Tabela 04.

4.2 EQUIPAMENTOS E MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA ADEQUAÇÃO DE CADA PROPRIEDADE

Para cada propriedade foi orçado os seguintes equipamentos mencionados na Tabela 5.

Tabela 5: Equipamentos necessários em cada propriedade.

Equipamento	Qtd
Biodigestor	01
Casa alvenaria + compressor	01
Lagoa de Decantação	01
Gasoduto	100m
Mão de Obra para Instalação	01
Conexões T 3/8"	01
Tubo 3/8"	01
Válvulas de Retenção 3/8"	01
Filtro H ₂ S	01
Registros	01

4.3 EQUIPAMENTOS A SEREM INSTALADOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA

A Geração de Energia é o foco do Condomínio de Agroenergia, nessa situação, o gasoduto de cada propriedade é ligado ao gasoduto central, que em seguida é conectado ao acumulador ou gasômetro. Este gasômetro tem como finalidade armazenar o biogás e criar uma uniformidade na entrada do biogás ao conjunto motor gerador, evitando perdas de gás e desgastes excessivos do conjunto.

Para geração de energia, foram orçados os seguintes materiais relacionados na Tabela 6.

Tabela 6 – Equipamentos utilizados para Geração de Energia.

Equipamento	Qtd
Tubo 3/8"	4000 m
Conexões T 3/8"	5 und
Conexões 90° 3/8"	2 und
Conexões 180° 3/8"	22 und
Válvulas de Retenção 3/8"	9 und
Registros 3/8"	8 und
Conjunto Motor-Gerador	1 und
Casa de Máquinas 25m ²	1 und
Gasômetro	1 und

4.4 RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE COLETA DE BIOGÁS

Para ser dimensionado o gasoduto central evitando perdas de carga, foram consideradas duas etapas, a primeira etapa ligando os ramais das propriedades A até E ao gasômetro, e a segunda etapa ligado as propriedades F e G ao gasômetro.

Sendo considerados uma produção de 0,30 m³.biogas.dia.suíno⁻¹, e 0,15 m³.biogas.dia.bovino⁻¹, foram aplicados a Equação (01) e (03) para obter a produção de Biogás em cada propriedade e a produção de biogás total no Condomínio de Agroenergia, respectivamente, os resultados podem ser observados na Tabela 7.

Tabela 7.- Quantificação da produção de Biogás

Propriedade	Produção Biogás (m³.dia⁻¹)
A	300,00
B	324,00
C	7,50
D	3,75
E	312,00
F	607,50
G	150,00
TOTAL DE BIOGÁS NO CONDOMÍNIO	1.704,75

A Equação (02) foi aplicada para obter o diâmetro das tubulações ramais e central, conforme Regulamento de Instalações Prediais, cap.5, Dimensionamento, da COMGÁS® os resultados podem ser observados na Tabela 8.

Tabela 8 – Diâmetro das tubulações ramais e central do Condomínio.

Propriedade	Diâmetro (mm)
A	8,52
B	12,28
C	12,36
D	12,39
E	15,14
F	12,12
G	13,53
Gasoduto Central	15,13

Para o dimensionamento, foi considerada a tubulação de 3/8", equivalente a 9,52 mm, este que é próximo do menor diâmetro encontrado nos cálculos. Diminuindo o diâmetro, tem-se o aumento de pressão, que resulta no aumento da velocidade, reduzindo os efeitos de perda de carga.

Foi optado a tubulação de menor diâmetro pelo fato de que, se houver interrupção no fornecimento de biogás de alguma propriedade, essa baixa de fornecimento não trará problema ao gasoduto.

4.5 ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO DO CONDOMÍNIO DE AGROENERGIA

Como a Geração de energia é uma alternativa para o Biogás, o conjunto motor gerador foi somado separadamente, no entanto, o Gasoduto ramal + gasoduto central foi rateado entre as 7 propriedades.

Para calcular o valor a ser investido no gasoduto ramal e central, foi realizado o levantamento de valores, conforme Tabela 9.

Tabela 9 – Investimento para instalação do gasoduto ramal + central.

Material	Und.	Vlr Unitário	QTD	Vlr Total
Tubo 3/8"	M	7,00	4000	28.000,00
Conexões T 3/8"	un	17,00	5	85,00
Conexões 90° 3/8"	un	15,00	2	30,00
Conexões 180° 3/8"	un	13,00	22	286,00
Válvulas de Retenção 3/8"	un	25,00	9	225,00
Registros 3/8"	un	15,00	8	120,00
Tubo 3/8"	M	7,00	100	700,00
Conexões T 3/8"	un	17,00	1	17,00
Válvulas de Retenção 3/8"	un	25,00	1	25,00
Registros 3/8"	un	15,00	1	15,00
Acumulador	un	2.500,00	1	2.500,00
VALOR TOTAL				R\$ 32.003,00
VALOR TOTAL + Coeficiente de segurança (20%)				R\$ 38.403,60

Cada propriedade será responsável pela instalação de seus equipamentos, do gasoduto ramal e pela sua parte no gasoduto central, conforme Tabela 10.

O valor total dos equipamentos é baseado na realidade de cada propriedade, de acordo com a quantidade de animais e manejo das granjas.

Tabela 10 – Investimento de cada propriedade, desde a produção, até a chegada do biogás ao conj. Motor-gerador.

Propriedade	Valor total dos equipamentos (R\$)	Gasoduto Ramal + Central (R\$)	Investimento de cada propriedade (R\$)
A	70.900,00	5.024,00	75.924,00
B	70.900,00	5.024,00	75.924,00
C	37.900,00	2.678,40	40.578,40
D	32.400,00	2.291,20	34.691,20
E	81.900,00	5.792,00	87.692,00
F	98.400,00	6.960,00	105.360,00
G	59.900,00	4.236,80	64.136,80
Total do Investimento das propriedades			484.306,40

Como pode ser observado na Tabela 10, as propriedades com maior plantel de animais, tiveram seus valores investidos muito superior se comparados com as propriedades com menor plantel instalado. Isso ocorre pelo fato de que quanto maior

a quantidade de animais, maior a quantidade de dejetos produzidos no dia, logo, o biodigestor deve ser maior, para evitar transbordamentos.

Para geração de energia, foram selecionados quatro motores, para analisar sua potência, segundo indicações técnicas dos fabricantes, o rendimento do conjunto motor-gerador é de 70% da sua potência. Podendo ser observados na Tabela 11.

Tabela 11 – Conjunto motor gerador selecionados

DESCRIÇÃO	POTÊNCIA	RENDIMENTO	VALOR
Motor MWM 6.10	90 kVa	63 kWh	R\$ 95.000,00
Motor MWM 6.12	100 kVa	70 kWh	R\$ 115.000,00
Motor Cummins	140 kVa	98 kWh	R\$ 130.000,00
Motor MB OM 355/6	180 kVa	126 kWh	R\$ 140.000,00

Para analisar a viabilidade financeira, foram criados cenários para melhor utilização dos equipamentos, onde o cenário com melhor viabilidade foi o cenário quatro, pode-se observar na Tabela 12.

Tabela 12 – Cenário escolhido

Qtd Conj. Motor-Gerador	Potência (Kw)	Rendimento (kWh)	Total.ano ⁻¹ (R\$)	Investimento (R\$)	PayBack (anos)
	90	63	103.017,60	675.500,00	6,56
2	100	70	114.464,00	715.500,00	6,25
	140	98	160.249,60	745.500,00	4,65
	180	126	206.035,20	765.500,00	3,72

Após a análise dos conjuntos motor-gerador, foi avaliado o melhor rendimento utilizando o conjunto Motor MB OM 355/6, 180 kVa, rendimento de 126 kWh, com custo de R\$ 140.000,00.

Considerando o tempo de geração sendo de 16h.dia⁻¹, e o valor do Kw de R\$ 0,14, Tarifa Rural Convencional sem impostos, admitida pela Companhia Paranaense de Energia Elétrica, COPEL. O cenário que melhor se enquadra ao Condomínio de Agroenergia é o Cenário 4, com 2 Conjunto motor gerador, de 180 kVa, pois, seu retorno é de aproximadamente 44 meses.

O Condomínio de Agroenergia tem potencial para geração de aproximadamente 70 m^3 de biogás. h^{-1} , o conjunto motor-gerador selecionado para os cálculos, tem um consumo aproximado de $30 \text{ a } 35 \text{ m}^3$ biogás. h^{-1} , por isso a escolha de implantar 2 conjuntos motor-gerador de 180 kVa para melhor suprir as necessidades do Condomínio.

Segundo os dados do Cenário 4, o condomínio tem potencial para gerar $1354,75 \text{ MW.ano}^{-1}$ de energia elétrica.

A energia produzida, pode ser utilizada para diversos fins, no entanto, as melhores alternativas seriam: Comercializar a energia com a Concessionária; Compensar a energia no Condomínio; Utilizar em Usina de Secagem de Grão; Compensar a energia em uma agroindústria; Compensar a energia em um Parque Aquático próximo ao Condomínio ou Fornecer o biogás como fonte de aquecimento, para uma indústria de aves próxima ao Condomínio de Agroenergia.

5 CONCLUSÃO

Após a análise dos resultados obtidos, conclui-se que é viável a implantação do condomínio de Agroenergia. Pois o mesmo demonstrou um retorno de seu investimento em menos de dois anos.

O foco principal do Condomínio é a Geração de Energia, no entanto, deve ser ressaltado que os biodigestores instalados nas propriedades, reduzem o potencial poluidor das granjas, pois, evitam o mau cheiro, e desempenham o tratamento ideal aos dejetos suínos e bovinos de cada propriedade. Tornando a atividade Sustentável.

REFERÊNCIAS

- AXAOPOULUS, P.; PANAGAKIS, P. **Energy and economic analysis of biogas heated livestock buildings**. *Biomass and Bioenergy*, v. 24, p. 239-248, 2003.
- BLEY JR, Cícero. Curso de Atualização em Energias do Biogás – EaD. **MÓDULO I – Marco Regulatório para produção de biogás e conversão energética**, 2010. Parque Tecnológico de Itaipu (PTI).
- CASAROTTO FILHO, N.; KOPITKE, B. H. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2007. 468 p.
- COELHO, S. T.; Velázquez, S. M. S. G.; Silva, O.C.; Abreu, F. C. **Geração de energia elétrica a partir do biogás proveniente do tratamento de esgoto utilizando um grupo gerador de 18kw**. V Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 2006, Brasília – DF.
- DREGER, I. **“Usinas de biogás – a mais inteligente tecnologia para converter biomassa em energia”**. Palestra ministrada no auditório da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus Erechim, em 09 de novembro de 2010.
- FERNANDES, D. M. **Eficiência da Biodigestão Anaeróbia no Manejo da Biomassa Residual na Unidade Granja Colombari**. Monografia Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2011.
- LIRA, João C. U.; DOMINGUES, Elder G.; MARRA, Enes G. **Análise econômica do potencial energético do biogás em granja de suínos – estudo de caso**. Induscon – VIII conferência Internacional de Aplicações Industriais – 17 a 20 de Agosto de 08.
- LOPES, I. V. **O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL: guia de orientação**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2002.
- LUCAS JÚNIOR, J.; SOUZA, C. de F. **Construção e operação de biodigestores**. Viçosa-MG, CTP, 2009.
- KUNZ, Airton; OLIVEIRA, Paulo A. V. **Uso de biodigestores para tratamento de resíduos de animais**. Embrapa Suínos e Aves, 2008.
- KUNZ, Airton. Curso de Atualização em Energias do Biogás – EaD. **MÓDULO II - Linhas de Base para a Produção e Conversão de Energia do Biogás**, 2010. Parque Tecnológico de Itaipu (PTI).
- MOERS *et al.*, - **Caracterização da biomassa residual proveniente de resíduos agrícolas para geração de energia**. I Congresso Latino Americano de Suinocultura e Sustentabilidade Ambiental. Foz do Iguaçu-PR, 2011.
- OLIVEIRA, P.A.V. (coord). **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA, 1993. 188p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 27)

PIEROBON, Luiz R. P., Sistema de Geração de Baixo Custo Utilizando Biogás Proveniente de Aterro Sanitário, 2007 Tese (Doutorado Universidade Federal do Rio Grande do Sul), Porto Alegre.

RODRIGUES, M. **Energias Renováveis**. In Enciclopedia Activa e Multimedia, 2004.

Sites de Pesquisa

ADEOP – Associação de Desenvolvimento Economico do Oeste do Paraná. **Potencial da suinocultura no Paraná**. Disponível em http://www.ideall.com.br/adeop/artigo/536/PROJETO_SANEAMENTO_AMBIENTAL_E_TURISMO_INTEGRADO.html Acesso em: 15 jun2012.

Agencia Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, Nota Técnica 2009. Disponível em http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta_publica/documentos/Nota%20T%C3%A9cnica0043_GD_SRD.pdf acesso em 20 de Setembro de 2011.

BLEY JR. Curso de Atualização em Energias do Biogás, Fundação PTI, 2011. Disponível em <http://www.radioagua.org/index.php/ead> acesso em 20 de Agosto de 2011.

Energias Renováveis – A alternativa Ecológica, 04FEV 2010. Disponível em <http://www.planetaorganico.com.br/energiasrenov.htm>, acesso em 15 de Março de 2011, às 10h50mim.

MARTINS, Davis Silva; ASSIS, Elaine Gomes. Estudo de viabilidade econômica da implantação de um biodigestor em uma Granja de perus. In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 27, 2007, Foz do Iguaçu. Anais eletrônicos, 2007. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR590444_9790.pdf. Acesso em 28 jul 2008.

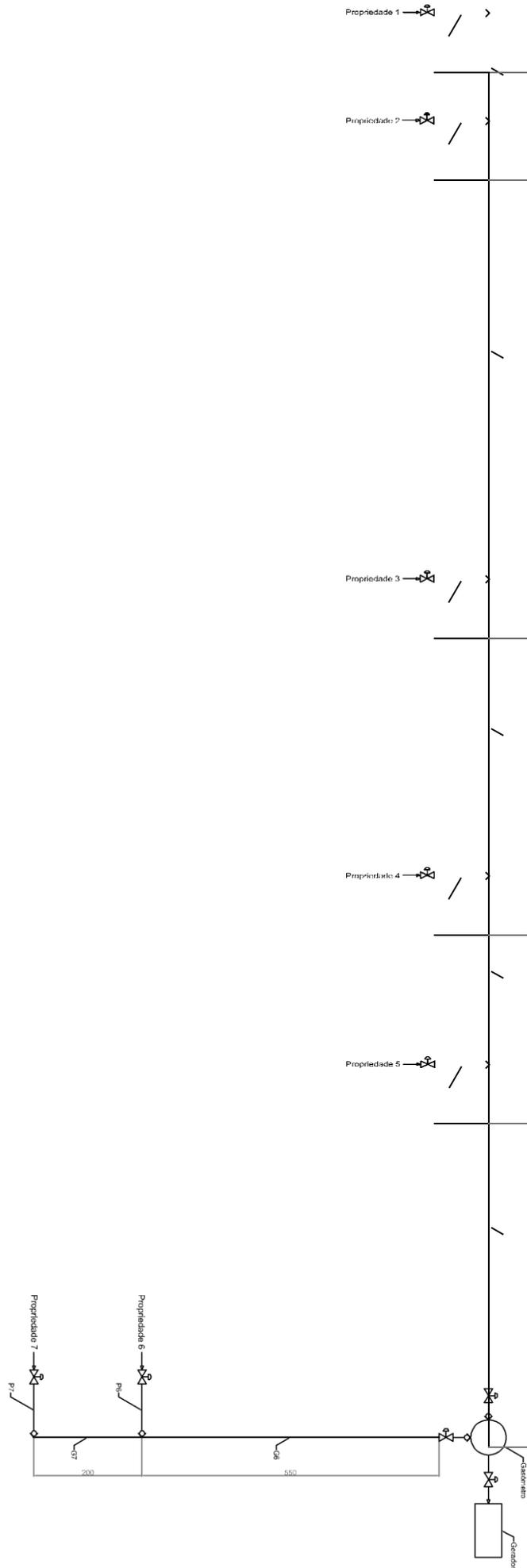
ENERGIAS RENOVÁVEIS – Por um futuro melhor, aconselhamos as energias da natureza. 2010. Disponível em <http://energiasrenovaveis06.com.sapo.pt/T%20ER%20b.html>, acesso em 22 de março de 2011, às 10h20mim

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas, 2000. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>, acesso em 04 de Abril de 2010, às 15h20min.

APÊNDICES

Tabela 13 – Tempo de Retorno de Investimento em cada Cenário

								Investimentos		Pay Back Investimento (anos)	
	Qtde Geradores	Potencia (kVa)	Rendimento (kWh)	Tempo ligado (h)	Vlr kW	Total /dia (R\$)	total /ano (R\$)	Valor Gerador (R\$)	Valor Total (R\$)		
Cenário 1*	1	90	63	8	0,14	70,56	25.754,40	95.000,00	578.500,00	580.500,00	22,54
	1	100	70	8	0,14	78,40	28.616,00	115.000,00	598.500,00	600.500,00	20,98
	1	140	98	8	0,14	109,76	40.062,40	130.000,00	613.500,00	615.500,00	15,36
	1	180	126	8	0,14	141,12	51.508,80	140.000,00	623.500,00	625.500,00	12,14
2*	1	90	63	24	0,14	211,68	77.263,20	95.000,00	578.500,00	580.500,00	7,51
	1	100	70	24	0,14	235,20	85.848,00	115.000,00	598.500,00	600.500,00	6,99
	1	140	98	24	0,14	329,28	120.187,20	130.000,00	613.500,00	615.500,00	5,12
	1	180	126	24	0,14	423,36	154.526,40	140.000,00	623.500,00	625.500,00	4,05
3*	2	90	63	8	0,14	141,12	51.508,80	95.000,00	673.500,00	675.500,00	13,11
	2	100	70	8	0,14	156,80	57.232,00	115.000,00	713.500,00	715.500,00	12,50
	2	140	98	8	0,14	219,52	80.124,80	130.000,00	743.500,00	745.500,00	9,30
	2	180	126	8	0,14	282,24	103.017,60	140.000,00	763.500,00	765.500,00	7,43
4*	2	90	63	16	0,14	282,24	103.017,60	95.000,00	673.500,00	675.500,00	6,56
	2	100	70	16	0,14	313,60	114.464,00	115.000,00	713.500,00	715.500,00	6,25
	2	140	98	16	0,14	439,04	160.249,60	130.000,00	743.500,00	745.500,00	4,65
	2	180	126	16	0,14	564,48	206.035,20	140.000,00	763.500,00	765.500,00	3,72



ANEXO

5

DIMENSIONAMENTO

5. Dimensionamento

5.1. Parâmetros para o dimensionamento	5.3
5.1.1. Escolha de parâmetros	5.3
5.1.2. Tipologia construtiva da instalação predial	5.3
5.1.3. Pressão de operação	5.3
5.1.4. Potência ou vazão dos aparelhos a gás	5.4
5.1.4.1. Fator de simultaneidade	5.4
5.1.4.2. Cálculo da potência ou vazão adotada	5.5
5.1.5. Perdas de carga e velocidade na rede de distribuição interna	5.5
5.1.5.1. Pressão de operação igual a 25 mbar (aparelhos)	5.5
5.1.5.2. Pressão de operação superior a 25 mbar (equipamentos)	5.5
5.1.5.3. Perdas de carga localizadas.....	5.5
5.1.5.4. Cálculo da perda de carga	5.6
5.1.5.5. Cálculo da velocidade do gás	5.7
5.2. Procedimentos de cálculo	5.7
5.2.1. Software de dimensionamento	5.7
5.2.2. Sequência de cálculo – passo a passo para utilização de fórmulas	5.7
5.2.3. Sequência de cálculo – passo a passo para utilização de tabelas	5.8
5.3. Exemplos de dimensionamento	5.9
5.3.1. Exemplo 1: dimensionamento de instalação para residência	5.9
5.3.1.1. Dados da instalação	5.9
5.3.1.2. Dados dos aparelhos a gás	5.9
5.3.1.3. Dados da tubulação.....	5.10
5.3.1.4. Potências por trechos da tubulação.....	5.10
5.3.1.5. Considerações para o dimensionamento.....	5.10
5.3.1.6. Dimensionamento.....	5.11
5.3.1.7. Diâmetros adotados.....	5.11
5.3.2. Exemplo 2: dimensionamento de instalação predial	5.11
5.3.2.1. Dados da instalação	5.11
5.3.2.2. Dados dos aparelhos	5.12
5.3.2.3. Potências por trechos da tubulação.....	5.14
5.3.2.4. Considerações para o dimensionamento.....	5.14
5.3.2.5. Dimensionamento.....	5.15
5.3.2.6. Diâmetros adotados.....	5.15



5. Dimensionamento

5.1. Parâmetros para o dimensionamento

5.1.1. Escolha de parâmetros

A tubulação de gás deve ser dimensionada por meio das metodologias clássicas (método dos comprimentos reais e equivalentes) e segue o seguinte roteiro:

- Escolha da tipologia construtiva;
- Escolha da pressão de operação;
- Potência ou vazão de cada aparelho a gás;
- Cálculo da perda de carga na instalação;
- Cálculo da vazão em cada trecho da rede;
- Diâmetros da tubulação;
- Consulta da pressão disponível da rede de distribuição da COMGÁS.

O ramal externo é dimensionado e construído pela COMGÁS.

5.1.2. Tipologia construtiva da instalação predial

A escolha da tipologia construtiva deve ser feita em função da finalidade do imóvel (edifícios, casas e comércios) e das características locais.

O capítulo 3 apresenta algumas das tipologias típicas utilizadas comumente nas instalações prediais.

5.1.3. Pressão de operação

A pressão do gás utilizado para o dimensionamento é a máxima pressão de operação da rede de distribuição interna, conforme apresentado na tabela 5.1.

5. Dimensionamento

Tabela 5.1 - Pressões na rede de distribuição interna

Local da instalação	Tipo de instalação	Exemplo de localização	Pressão máxima de operação
Área comum (loais fora da projeção da edificação)	Enterrada	<ul style="list-style-type: none">• arruamento pavimentado• jardim e calçadas de interligação do arruamento com a unidade autônoma – tubulação com proteção mecânica	1 bar
Área privativa (residencial e comercial)	Enterrada	<ul style="list-style-type: none">• garagens, jardins	25 mbar
	Embutida	<ul style="list-style-type: none">• paredes, muros e prumadas	
	Aparente		
Área comum (residencial e comercial)	Enterrada	<ul style="list-style-type: none">• garagens, jardins e calçadas	350 mbar
	Embutida	<ul style="list-style-type: none">• paredes e muros	
	Aparente	<ul style="list-style-type: none">• áreas abertas• áreas fechadas (subsolos, garagens) – devem possuir ventilação	

*Nota: Tabela atualizada em 13/03/2014

Nota: Para a utilização de pressões diferentes das estabelecidas na tabela acima, a COMGÁS deve ser consultada antes da definição da tipologia a ser aplicada.

5.1.4. Potência ou vazão dos aparelhos a gás

O cálculo da potência ou vazão de gás necessária para atender cada unidade autônoma, comercial ou residencial, deve ser feito considerando o consumo de gás de cada aparelho, adotando-se o valor com base nos dados fornecidos pelo fabricante.

O Anexo 3 apresenta valores recomendados como parâmetros para os aparelhos a gás comerciais e residenciais.

5.1.4.1. Fator de simultaneidade

Para a utilização do fator de simultaneidade na determinação da vazão ou da potência a ser considerada no dimensionamento da tubulação, as seguintes condições devem ser observadas:

- O fator de simultaneidade aplica-se a duas ou mais unidades autônomas residenciais;
- O fator de simultaneidade não se aplica para trechos de rede que alimentem um único aparelho (Exemplo: caldeiras, aquecedores de piscinas, etc.);
- O fator de simultaneidade não se aplica a edificações comerciais. Para estes casos, utiliza-se a vazão máxima de cada aparelho para o dimensionamento da instalação.

5.1.4.2. Cálculo da potência ou vazão adotada

O fator de simultaneidade relaciona a potência ou a vazão adotada com a potência ou a vazão instalada por meio da seguinte fórmula:



5. Dimensionamento

$$F = \frac{100 \times A}{C}$$

Onde:

A = potência adotada (kcal/h) ou vazão adotada (m³/h)

C = potência instalada (kcal/h) ou vazão instalada (m³/h)

F = fator de simultaneidade (%)

O fator de simultaneidade pode ser obtido por meio de gráfico ou de fórmula matemática, conforme apresentado no Anexo 4.

5.1.5. Perdas de carga e velocidade na rede de distribuição interna

A velocidade máxima admissível é de 20 m/s.

5.1.5.1. Pressão de operação igual a 25 mbar (aparelhos)

Para efeito de cálculo de dimensionamento utilizar a pressão de 20 mbar.

A máxima perda de carga admissível é de 10% da pressão de dimensionamento.

Para trechos verticais ascendentes, deve-se considerar **um ganho** de pressão de 0,05 mbar para cada metro do referido trecho.

Para trechos verticais descendentes, deve-se considerar **uma perda** de pressão de 0,05 mbar para cada metro do referido trecho.

5.1.5.2. Pressão de operação superior a 25 mbar (equipamentos)

A máxima perda de carga admissível é de 30% da pressão máxima de operação.

5.1.5.3. Perdas de carga localizadas

Para cálculo das perdas de cargas localizadas pode-se adotar os valores fornecidos pelos fabricantes das conexões. Na falta desses dados, poderão ser utilizados os valores constantes das tabelas 5.2 e 5.3.



5. Dimensionamento

Tabela 5.2 - Comprimentos equivalentes em metros – aço galvanizado

Diâmetro nominal		Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Tê 90° Fluxo reto	Tê 90° Fluxo em ângulo	Tê 90° Fluxo duplo	Válvula esfera
(pol)	(mm)						
3/8	10	0,35	0,16	0,06	0,51	0,62	0,1
3/4	20	0,70	0,32	0,12	1,03	1,25	0,2
1/2	15	0,47	0,22	0,08	0,69	0,83	0,1
1	25	0,94	0,43	0,17	1,37	1,66	0,3
1 1/4	32	1,17	0,54	0,21	1,71	2,08	0,4
1 1/2	40	1,41	0,65	0,25	2,06	2,50	0,7
2	50	1,88	0,86	0,33	2,74	3,33	0,8
2 1/2	65	2,35	1,08	0,41	3,43	4,16	0,8
3	80	2,82	1,30	0,50	4,11	4,99	0,9
4	100	3,76	1,73	0,66	5,49	6,65	1,0
6	150	5,64	2,59	0,99	8,23	9,98	1,2

Tabela 5.3 - Comprimentos equivalentes em metros – cobre

Diâmetro nominal		Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Tê 90°	Válvula esfera
(pol)	(mm)				
3/8	10	1,1	0,4	2,3	0,1
1/2	15	1,1	0,4	2,3	0,1
3/4	22	1,2	0,5	2,4	0,2
1	28	1,5	0,7	3,1	0,3
1 1/4	35	2,0	1,0	4,6	0,4
1 1/2	42	3,2	1,0	7,3	0,7
2	54	3,4	1,3	7,6	0,8
2 1/2	66	3,7	1,7	7,8	0,8
3	79	3,9	1,8	8,0	0,9
4	104	4,3	1,9	8,3	1,0

A perda de carga no medidor pode variar em função do tipo de medidor. Como orientação, pode-se adotar o valor de 1,5 mbar.

5.1.5.4. Cálculo da perda de carga

Para redes de gás cuja pressão de operação máxima é 1 bar, recomenda-se o uso da equação de Renouard:

$$P1_{abs}^2 - P2_{abs}^2 = 410642 \times S \times L \frac{Q^{1,82}}{D_i^{4,82}}$$

Para redes de gás que operam em baixas pressões de até 25 mbar, recomenda-se o uso da equação de Lacey:

$$H = \frac{206580 \times Q^{1,8} \times S^{0,8} \times L}{D_i^{4,8}}$$



5. Dimensionamento

Onde:

Q = vazão do gás a 20°C e 1 atm (m³/h)

D_i = diâmetro interno do tubo (mm)

H = perda de carga do trecho (mmca)

L = comprimento do trecho da tubulação (m)

S = densidade relativa do gás em relação ao ar (adimensional) = 0,6

P1_{abs} = pressão absoluta de entrada de cada trecho (kPa)

P2_{abs} = pressão absoluta de saída de cada trecho (kPa)

5.1.5.5. Cálculo da velocidade do gás

$$V = \frac{354 \times Q}{(P_m + 1,033) \times D_i^2}$$

Onde:

V = velocidade do gás (m/s)

Q = vazão do gás na pressão de operação (m³/h)

P_m = pressão manométrica de operação (kgf/cm²)

D_i = diâmetro interno da tubulação (mm)

5.2. Procedimentos de cálculo

5.2.1. Software de dimensionamento

A COMGÁS disponibiliza em seu site um software para dimensionamento da rede de distribuição interna de gás natural. O acesso pode ser feito através do link www.comgas.com.br.

5.2.2. Sequência de cálculo – passo a passo para utilização de fórmulas

A tabela 5.4 ilustra os vários passos para o dimensionamento de uma rede interna de distribuição de gás natural.

Tabela 5.4 - Rotina para dimensionamento usando fórmulas

Passo	Atividade
1º	Uma vez escolhido o posicionamento dos aparelhos na unidade autônoma e os locais para a instalação de equipamentos, preparar o isométrico da rede e numerar seqüencialmente cada nó e os pontos de utilização, partindo do ponto imediatamente a jusante do regulador.
2º	Introduzir a identificação de cada trecho da rede na planilha.
3º	Inserir a potência em kcal/h para cada trecho, utilizando informações dos fabricantes ou os dados disponíveis no Anexo 3.
4º	Calcular o fator de simultaneidade para cada trecho sempre que aplicável, utilizando o gráfico ou fórmulas apresentadas no Anexo 4.
5º	Calcular a potência adotada em kcal/h para cada trecho.
6º	Calcular a vazão adotada em m ³ /h para cada trecho, dividindo a potência adotada de cada trecho por 8.600 (valor relativo ao poder calorífico inferior (PCI) do gás natural em kcal/h na condição de 20°C e 1 atm).
7º	Preencher com o comprimento real do tubo que compõe cada trecho considerado.



5. Dimensionamento

Passo	Atividade
8º	Determinar o comprimento equivalente por meio de valores fornecidos pelos fabricantes das conexões ou utilizar as tabelas 5.2 e 5.3.
9º	Calcular o comprimento total da tubulação para cada trecho, somando o comprimento real e o comprimento equivalente.
10º	Adotar diâmetros iniciais, objetivando verificar o atendimento da instalação às condições de perdas de carga máximas admissíveis.
11º	Determinar a pressão inicial de cada trecho (não deve ser considerada a perda de carga dos medidores).
12º	Calcular a perda de carga em cada trecho, utilizando as fórmulas apresentadas, considerando compensações para trechos verticais ascendentes e descendentes.
13º	Calcular a pressão final, levando em conta as perdas de cargas calculadas.
14º	Se a perda de carga total do trecho ou a velocidade for superior aos limites máximos estabelecidos, repetir os passos 10º ao 14º, selecionando um diâmetro interno maior para a tubulação em cada trecho.

5.2.3. Sequência de cálculo – passo a passo para utilização de tabelas

O Anexo 5 apresenta as tabelas para dimensionamento de situações padrões.

A tabela 5.5 ilustra os vários passos para o dimensionamento de uma rede interna de distribuição de gás natural, utilizando as tabelas de dimensionamento.

O dimensionamento através de tabelas deve ser feito apenas para a rede que alimenta somente um aparelho a gás. Nas tabelas de dimensionamento apresentadas no Anexo 5 são considerados para o cálculo, o comprimento total da rede, a perda de carga máxima admissível (10 %) e a pressão inicial da rede com 20 mbar.

Tabela 5.5 - Rotina para dimensionamento usando tabelas

Passo	Atividade
1º	Uma vez escolhido o posicionamento do aparelhos na unidade autônoma, preparar o isométrico da rede.
2º	Através do isométrico, definir o comprimento real do tubo da rede em metros.
3º	Determinar o comprimento equivalente por meio de valores fornecidos pelos fabricantes das conexões ou utilizar as tabelas 5.2 e 5.3.
4º	Calcular o comprimento total da tubulação para cada trecho, somando o comprimento real e o comprimento equivalente.
5º	Calcular a potência adotada em kcal/h para cada trecho.
6º	Calcular a vazão adotada em m ³ /h para cada trecho, dividindo a potência adotada de cada trecho por 8.600 (valor relativo ao poder calorífico inferior (PCI) do gás natural em kcal/h na condição de 20°C e 1 atm).
7º	Identifique a tabela do Anexo 5 a ser utilizada em função do material de tubos a serem utilizados na instalação
8º	Identifique na coluna de comprimento da tabela selecionada o valor imediatamente superior aquele do trecho a ser calculado. Exemplo: para um comprimento da tubulação calculado de 22,00 m identifica-se na tabela selecionada a linha de 30,00 m.
9º	Na linha anteriormente selecionada, identifica-se a vazão de gás correspondente ao do aparelho(s) a ser(em) alimentado(s) pelo trecho de rede, considerando sempre o próximo valor superior. Exemplo: comprimento de 22,00 m e vazão do aparelho de 2,37 m ³ /h, identificada linha de 30,00 m e coluna de vazão de 4,13 m ³ /h na tabela A.5.8.
10º	Obter o diâmetro do tubo a ser utilizado no trecho em análise em correspondência à coluna da vazão do aparelho, na parte superior das tabelas onde são apresentados os diâmetros dos tubos.

5. Dimensionamento

5.3. Exemplos de dimensionamento

5.3.1. Exemplo 1: dimensionamento de instalação para residência

5.3.1.1. Dados da instalação

Isométrico e dimensões: conforme figura 5.1.

Pressão de operação da rede de gás natural: 25 mbar – conforme a tabela 5.1.

Pressão de dimensionamento: 20 mbar

Material da tubulação a ser utilizado: cobre classe E.

Aparelhos a gás utilizados na residência:

- Fogão de 6 bocas com forno;
- Aquecedor de água tipo passagem com capacidade de 10 l/min;
- Secadora de roupa.

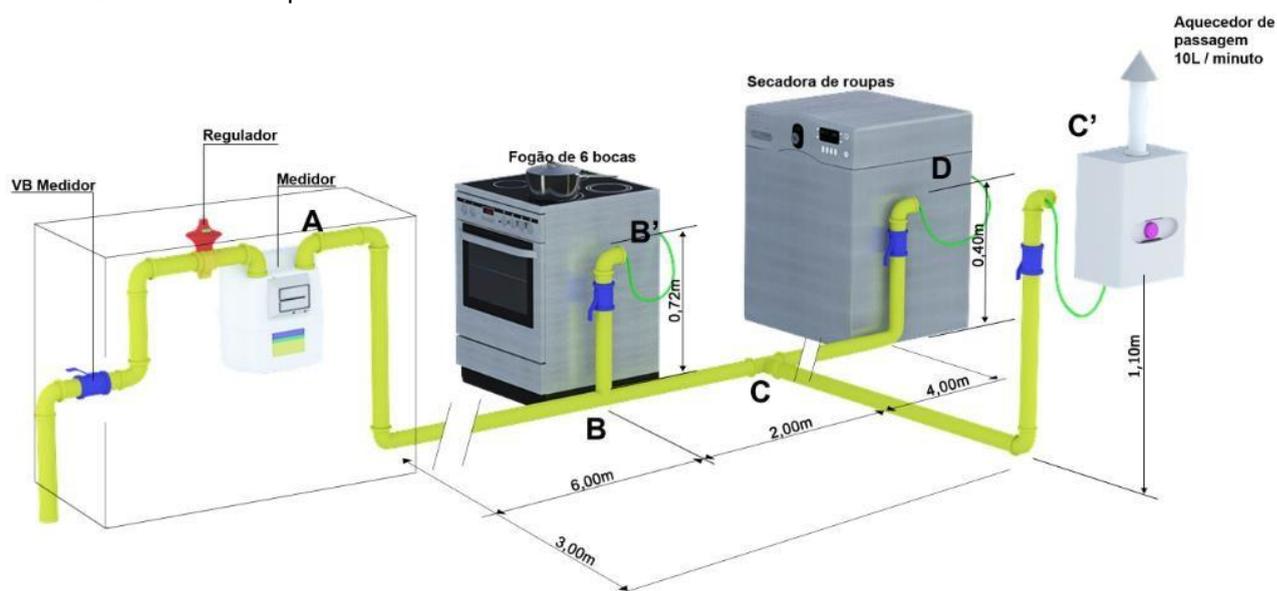


Figura 5.1 - Exemplo ilustrativo de instalação de gás natural em residência

5.3.1.2. Dados dos aparelhos a gás

Potência nominal dos aparelhos utilizados apresentados na tabela 5.6, obtidos do Anexo 3.

5. Dimensionamento

Tabela 5.6 - Potências dos aparelhos a gás utilizados

Aparelhos	Potência (kcal/h)
Fogão de 6 bocas com forno	11.000
Aquecedor de passagem de 10 l/min	14.700
Secadora de roupas	6.000

5.3.1.3. Dados da tubulação

Utilizada tubulação de cobre rígido, conforme apresentado na tabela 5.7.

Tabela 5.7 - Dados de tubulação de cobre

Diâmetro nominal (mm)	Diâmetro interno (mm)	Classe
10	8,52	E
15	14,00	E
22	20,80	E
28	26,80	E
35	33,60	E
42	40,40	E

5.3.1.4. Potências por trechos da tubulação

Conforme procedimento de cálculo, verificamos na figura 5.1 a instalação dividida nos trechos AB, BB', BC, CC' e CD. As potências foram calculadas conforme ilustrado na tabela 5.8.

Tabela 5.8 - Cálculo da potência de cada trecho

Trecho	Aparelho a jusante	Potência (kcal/h)
AB	Fogão 6B + Aquecedor 10 l + secadora	32.700
BB'	Fogão 6B	11.000
BC	Aquecedor + secadora	20.700
CC'	Aquecedor	14.700
CD	Secadora	6.000

5.3.1.5. Considerações para o dimensionamento

Por se tratar de uma casa não foi aplicado o fator de simultaneidade em nenhum dos trechos, ou seja, a potência adotada é igual à potência instalada.

Foram considerados os seguintes comprimentos equivalentes associados à utilização de conexões:

- Comprimento equivalente do trecho AB: 3 cotovelos + 1 tê;
- Comprimento equivalente do trecho BB': 2 cotovelos + 1 válvula;
- Comprimento equivalente do trecho BC: 1 tê;
- Comprimento equivalente do trecho CC': 2 cotovelos + 1 válvula;



5. Dimensionamento

- Comprimento equivalente do trecho CD': 2 cotovelos + 1 válvula.

Para os trechos verticais ascendentes, foi considerado um ganho de pressão de 0,05 mbar para cada metro.

5.3.1.6. Dimensionamento

A tabela 5.9 apresenta o resultado do dimensionamento.

Tabela 5.9 - Dimensionamento de instalações de gás – exemplo 1

Trecho parcial	Potência instalada	Fator de simultaneidade	Potência instalada	Vazão adotada	Comprimento de tubos	Comprimento equivalente	Comprimento total	DN	Diâmetro interno	Descendente (-) ou Ascendente (+)	Pressão inicial	Perda de pressão	Pressão final	Perda de pressão comprimento total	Velocidade
	(kcal/h)	(%)	(kcal/h)	(m ³ /h)	(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mmca)	(mmca)	(mmca)	(mmca)	(mmca/m)	(m/s)
AB	31.700	100	31.700	3,69	6,00	6,00	12,00	22	20,80	0,00	200,00	8,16	191,84	0,68	2,86
BB'	11.000	100	11.000	1,28	0,72	2,30	3,02	15	14,00	0,36	191,84	1,63	190,21	0,54	2,20
BC	20.700	100	20.700	2,41	2,00	2,40	4,40	22	20,80	0,00	191,84	1,43	190,41	0,33	1,87
CC'	14.700	100	14.700	1,71	4,10	2,30	6,40	15	14,00	0,55	190,41	6,73	183,68	1,05	2,93
CD	6.000	100	6.000	0,70	4,40	2,30	6,70	15	14,00	0,20	190,41	1,33	189,08	0,20	1,20

5.3.1.7. Diâmetros adotados

A tabela 5.10 apresenta os diâmetros adotados para cada trecho como resultado do dimensionamento.

Tabela 5.10 - Diâmetros adotados – exemplo 1

Trecho	DN
AB	22
BB'	15
BC	22
CC'	15
CD	15

5.3.2. Exemplo 2: dimensionamento de instalação predial

5.3.2.1. Dados da instalação

Isométrico e dimensões: conforme figura 5.2.

Prédio de 10 andares, 4 unidades autônomas por andar.

Pressão de operação: 25 mbar – conforme tabela 5.1.

Pressão de dimensionamento: 20 mbar.



5. Dimensionamento

Material da tubulação: aço NBR 5580 – classe média.

Aparelhos a gás utilizados na residência:

- fogão de 4 bocas com forno;
- aquecedor de água tipo passagem com capacidade de 6 l/min.

5.3.2.2. Dados dos aparelhos

Aparelhos utilizados por unidade autônoma apresentados na tabela 5.11 (potências obtidas do Anexo 3).

Tabela 5.11 - Potência nominal dos aparelhos utilizados

Aparelhos	Potência (kcal/h)
Fogão de 4 bocas com forno	7.000
Aquecedor de passagem de 6 l/min	9.000

5. Dimensionamento

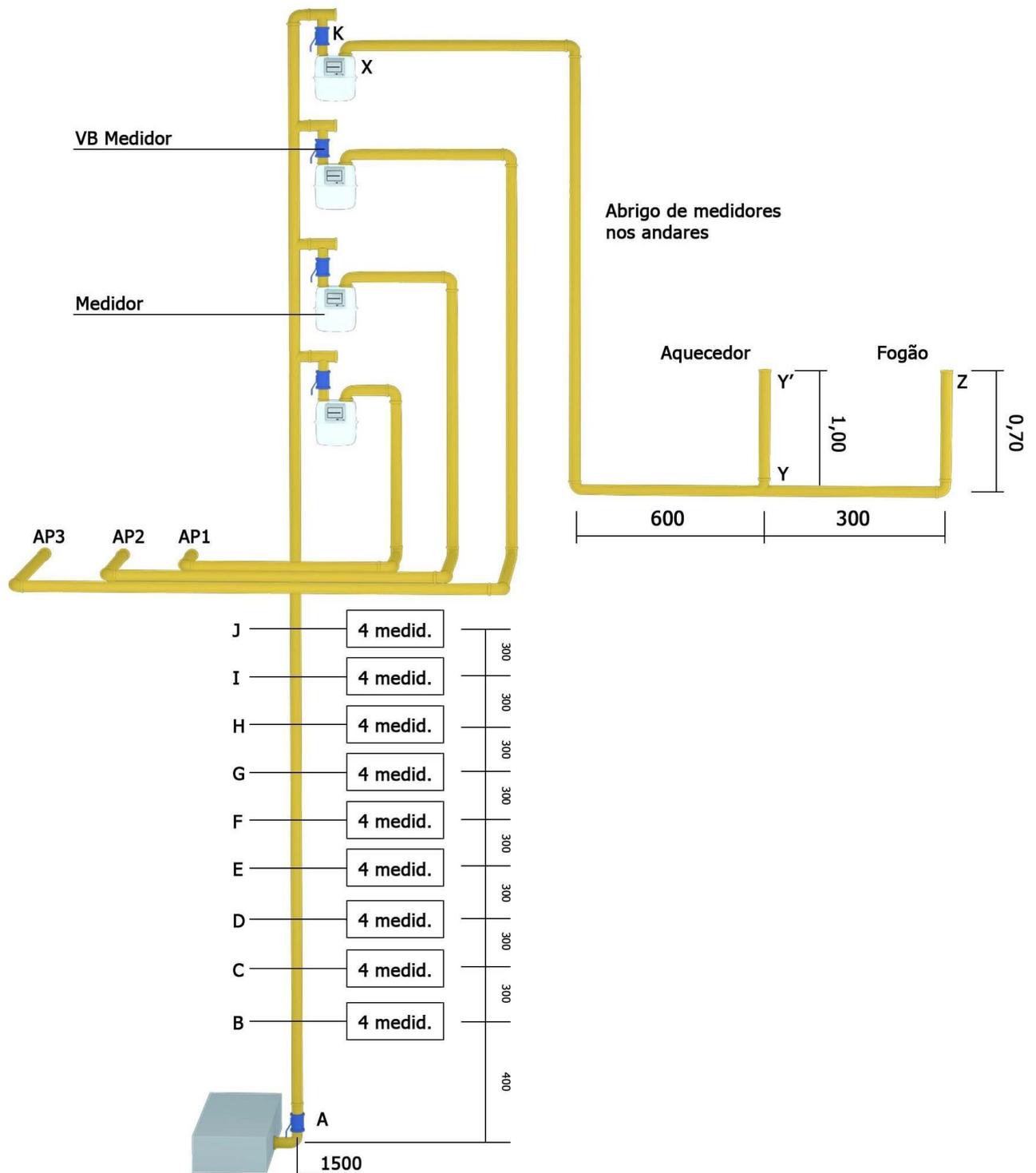


Figura 5.2 - Exemplo ilustrativo de instalação em prédio de apartamentos – distribuição do gás através de prumada coletiva com medidores no “hall” dos andares

5. Dimensionamento

5.3.2.3. Potências por trechos da tubulação

A instalação foi dividida em:

- Prumada coletiva: trechos AB, BC, CD, DE, EF, FG, GH, HI, IJ, JK e KX;
- Instalação interna da unidade autônoma: trechos XY, YZ e YY'.

Foram calculadas as respectivas potências, conforme ilustrado na Tabela 5.12.

Tabela 5.12 - Cálculo das potências para cada trecho

Trecho	Aparelhos a jusante	Potência (kcal/h)
AB	Fogão 4B + aquecedor – 40 unidades autônomas	640.000
BC	Fogão 4B + aquecedor – 36 unidades autônomas	576.000
CD	Fogão 4B + aquecedor – 32 unidades autônomas	512.000
DE	Fogão 4B + aquecedor – 28 unidades autônomas	448.000
EF	Fogão 4B + aquecedor – 24 unidades autônomas	384.000
FG	Fogão 4B + aquecedor – 20 unidades autônomas	320.000
GH	Fogão 4B + aquecedor – 16 unidades autônomas	256.000
HI	Fogão 4B + aquecedor – 12 unidades autônomas	192.000
IJ	Fogão 4B + aquecedor – 8 unidades autônomas	128.000
JK	Fogão 4B + aquecedor – 4 unidades autônomas	64.000
KX	Fogão 4B + aquecedor	16.000
XY	Fogão 4B + aquecedor	16.000
YY'	Aquecedor	9.000
YZ	Fogão 4B	7.000

5.3.2.4. Considerações para o dimensionamento

Não foi utilizado o fator de simultaneidade para os trechos YZ e YY', pois estes fornecem gás para um único aparelho a gás (a potência adotada é igual a potência instalada).

Foram considerados os seguintes comprimentos equivalentes associados à utilização de conexões:

- Trecho AB: 2 cotovelos + 1 válvula
- Trechos BC; CD; DE; EF; FG; GH; HI; IJ: 1 tê
- Trecho JK: 3 tês + 2 cotovelos
- Trecho KX: 1 válvula
- Trecho XY: 3 cotovelos + 1 tê
- Trecho YY': 1 cotovelo + 1 válvula
- Trecho YZ: 2 cotovelos + 1 válvula
- Pressão do ponto K = pressão do ponto X

Para os trechos verticais ascendentes, foi considerado um ganho de pressão de 0,5 mmca para cada metro.



5. Dimensionamento

5.3.2.5. Dimensionamento

A tabela 5.13 apresenta o resultado do dimensionamento.

Tabela 5.13 - Dimensionamento de instalações de gás – exemplo 2

Trecho parcial	Potência instalada	Fator de simultaneidade	Potência instalada	Vazão adotada	Comprimento de tubos	Comprimento equivalente	Comprimento total	DN	Diâmetro interno	Descendente (-) ou Ascendente (+)	Pressão inicial	Perda de pressão	Pressão final	Perda de pressão / comprimento total	Velocidade
	(kcal/h)	(%)	(kcal/h)	(m³/h)	(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mmca)	(mmca)	(mmca)	(mmca)	(mmca/m)	(m/s)
AB	640.000	24,89	159.302	18,52	19,00	3,52	22,52	40	41,60	2,00	200,00	7,85	192,15	0,35	3,60
BC	576.000	26,02	149.859	17,43	3,00	2,08	5,08	32	35,70	1,50	192,15	2,65	189,50	0,52	4,60
CD	512.000	27,34	139.963	16,27	3,00	2,08	5,08	32	35,70	1,50	189,50	2,14	187,36	0,42	4,30
DE	448.000	28,91	129.532	15,06	3,00	2,08	5,08	32	35,70	1,50	187,36	1,63	185,72	0,32	3,98
EF	384.000	30,85	118.454	13,77	3,00	2,08	5,08	32	35,70	1,50	185,72	1,12	184,60	0,22	3,64
FG	320.000	33,30	106.567	12,39	3,00	2,08	5,08	32	35,70	1,50	184,60	0,71	183,89	0,14	3,27
GH	256.000	36,57	93.630	10,89	3,00	2,08	5,08	32	35,70	1,50	183,89	0,20	183,69	0,04	2,88
HI	192.000	41,27	79.241	9,21	3,00	2,08	5,08	32	35,70	1,50	183,69	-0,31	184,00	-0,07	2,43
IJ	128.000	48,93	62.635	7,28	3,00	1,66	4,66	25	27,00	1,50	184,00	1,43	182,57	0,31	3,36
JK	64.000	65,47	41.901	4,87	3,00	6,86	9,86	25	27,00	1,50	182,57	1,53	181,04	0,16	2,25
KX	16.000	100,00	16.000	1,86	0,00	0,30	0,30	25	27,00	0,00	181,04	0,00	181,04	0,00	0,86
XY	16.000	100,00	16.000	1,86	6,50	4,48	10,98	25	27,00	0,00	181,04	0,61	180,43	0,06	0,86
YY'	9.000	100,00	9.000	1,05	1,00	0,57	1,57	15	16,00	0,50	180,43	-0,10	180,53	-0,07	1,38
YZ	7.000	100,00	7.000	0,81	3,70	1,60	5,30	20	21,60	0,35	180,43	-0,20	180,63	-0,04	0,59

5.3.2.6. Diâmetros adotados

A tabela 5.14 apresenta os diâmetros adotados para cada trecho como resultado do dimensionamento.

Tabela 5.14 - Diâmetros adotados – exemplo 2

Trecho	DN (mm)
AB	40
BC	32
CD	32
DE	32
EF	32
FG	32
GH	32
HI	32
IJ	25
JK	25
KX	25
XY	25
YY'	15
YZ	20