

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

SABRINA RODRIGUES DOS SANTOS

**VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO DE
UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE NOS
TERMINAIS E ESTAÇÕES TUBO DO SISTEMA DE
TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA E ANÁLISE DE CUSTOS
DA IMPLANTAÇÃO DE UMA FROTA DE ÔNIBUS ELÉTRICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2018

SABRINA RODRIGUES DOS SANTOS

**VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO DE
UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE NOS
TERMINAIS E ESTAÇÕES TUBO DO SISTEMA DE
TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA E ANÁLISE DE CUSTOS
DA IMPLANTAÇÃO DE UMA FROTA ELÉTRICA DE ÔNIBUS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientadora: Profª Drª Tatiana Maria Cecy Gadda

CURITIBA

2018

FOLHA DE APROVAÇÃO

VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE NOS TERMINAIS E ESTAÇÕES TUBO DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA E ANÁLISE DE CUSTOS DA IMPLANTAÇÃO DE UMA FROTA ELÉTRICA DE ÔNIBUS POR

SABRINA RODRIGUES DOS SANTOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido no segundo semestre de 2018 e aprovado pela seguinte banca de avaliação presente:

Orientador – Prof^a Tatiana Maria Cecy Gadda, Dr^a
UTFPR

Prof^a. Janine Nicolosi Correa, Dr^a
UTFPR

Olga Mara Prestes, IPPUC

OBS.: O documento assinado encontra-se em posse da coordenação

RESUMO

SANTOS, Sabrina Rodrigues dos. **Viabilidade econômico-financeira da implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede nos terminais e estações tubo do sistema de transporte público de Curitiba e análise de custos da implantação de uma frota elétrica de ônibus.** 2018. 102 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Em maio de 2018, com a greve dos caminhoneiros, a dependência dos combustíveis fósseis no setor de transportes o Brasil se revelou extrema, impossibilitando o funcionamento do transporte público em várias cidades do país, dentre elas Curitiba. Viabilizar alternativas para aumentar a resiliência urbana através da implementação de novas fontes de energia para o abastecimento dos veículos se mostra necessária. Entre as possibilidades estão a maior utilização de veículos elétricos. Diante disto, este trabalho tem como objetivo estudar a viabilidade econômico-financeira da implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede em terminais e estações tubo do sistema de transporte público de Curitiba a fim de utilizar a energia elétrica gerada pelo sistema para abastecer uma frota composta inteiramente por veículos movidos a eletricidade. Para isto, foram utilizadas ferramentas da engenharia econômica para o estudo da viabilidade econômico-financeira a partir do consumo de energia dos terminais e estações tubo, assim como dos veículos elétricos. Através deste estudo, foi possível concluir que a implantação do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede é viável e que os custos a longo prazo dos veículos elétricos são menores que os custos com os veículos da frota atual. Acredita-se que a substituição por veículos elétricos na frota de ônibus de Curitiba contribua com outros benefícios além do custo mais baixo de operação, como por exemplo: um ambiente menos ruidoso, menos poluentes atmosféricos, e possivelmente, impacto no valor final da tarifa do transporte coletivo.

Palavras-chave: Sistemas Fotovoltaicos, Energia Solar Fotovoltaica, Viabilidade Econômico-Financeira, Transporte Coletivo de Curitiba, Tarifa do Transporte Coletivo, Ônibus Elétricos.

ABSTRACT

SANTOS, Sabrina Rodrigues dos. **Economic and financial viability of the implementation of a grid-connected photovoltaic system at the bus terminals and bus stops (tube stations) of the public transport system of Curitiba and cost analysis and cost analysis of the implementation of an electric bus fleet.** 2018. 102 f. Course Completion Work (Undergraduate Degree in Civil Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2018.

In May 2018, with the truck drivers' strike, the dependence of fossil fuels on the transportation sector in Brazil proved to be extreme, making it impossible to operate public transportation in several cities of the country, among them Curitiba. Enabling alternatives to increase urban resilience through the implementation of new sources of energy for the supply of vehicles is necessary. Among the possibilities are the greater use of electric vehicles. The objective of this work is to study the economic and financial viability of the implantation of a grid-connected photovoltaic system in bus terminals and tube stations of the public transport system of Curitiba in order to use the electric energy generated by the system to supply a composite fleet entirely by vehicles powered by electricity. For this, economic engineering tools were used to study the economic-financial feasibility from the energy consumption of the terminals and tube stations, as well as the electric vehicles. Through this study, it was possible to conclude that the implementation of the grid-connected photovoltaic system is viable and that the long-term costs of the electric vehicles are lower than the costs with the vehicles of the current fleet. It is believed that the replacement of electric vehicles in the Curitiba bus fleet contributes to other benefits besides the lower cost of operation, for example: a less noisy environment, less atmospheric pollutants, and possibly an impact on the final value of the bus fare. collective transportation.

Keywords: Photovoltaic Systems, Photovoltaic Solar Energy, Economic-Financial Viability, Collective Transportation of Curitiba, Collective Transport Tariff, Electric Buses.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Uso de Energia e Emissões de CO ₂ dos modelos durante a operação em Curitiba.	15
Figura 2 – Composição da Tarifa do Transporte Coletivo de Curitiba.	26
Figura 3 – Classificação da central geradora.	28
Figura 4 – Comparação entre as Composições da Matriz Energética Brasileira e Mundial.	30
Figura 5 – Matriz Energética Brasileira.	31
Figura 6 – Radiação solar direta média nos diferentes continentes.	32
Figura 7 – Atlas de Energia Solar no Estado do Paraná (Plano Inclinado).	33
Figura 8 – Mapa Solar da Mesorregião do Estado do Paraná.	34
Figura 9 – Esquematização do Sistema Fotovoltaico Isolado.	36
Figura 10 – Esquematização de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede.	37
Figura 11 – Rede de Integração de Transporte Coletivo de Curitiba – RIT.	46
Figura 12 – Modelo Esquemático de um terminal de integração de Curitiba.	47
Figura 13 – Terminal Santa Cândida, Curitiba.	48
Figura 14 – Área de Cobertura do Terminal Santa Cândida.	49
Figura 15 – Estruturação Viária de Curitiba.	50
Figura 16 – Eixo Estrutural do Sistema Trinário de Vias de Curitiba.	51
Figura 17 – Estação tubo Gastão Câmara.	51
Figura 18 – Estação Padrão para ônibus Ligeirinho.	52
Figura 19 – Estação Duplo Ataque para ônibus Ligeirinho.	52
Figura 20 – Estação Padrão para ônibus Ligeirinho Articulado.	53
Figura 21 – Estação Interligada para ônibus Ligeirinho Articulado.	53
Figura 22 – Estação Dupla para ônibus Ligeirinho Articulado.	54
Figura 23 – Estação Tipo 2 para ônibus Biarticulado.	54
Figura 24 – Estação Tipo 6 para ônibus Biarticulado.	54
Figura 25 – Estação Tipo Rui Barbosa para ônibus Biarticulado.	55
Figura 26 – Estação Padrão da Linha Verde.	55
Figura 27 – Eixos de Estruturação do Transporte Coletivo.	58
Figura 28 – Veículo Hibribus em paralelo das categorias Interbairros e Convencional.	61
Figura 29 – Tarifa da energia elétrica.	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação de Sistemas Fotovoltaicos.....	35
Tabela 2 – Energia anual gerada estimada para as 189 estações tubo localizadas nas vias exclusivas.....	56
Tabela 3 – Composição da frota do transporte público de Curitiba.....	57
Tabela 4 – Composição da frota de ônibus a ser substituída.....	60
Tabela 5 – Preço de compra por modelo de propulsão.....	62
Tabela 6 – Variáveis econômico-financeiras das três modalidades da frota.....	63
Tabela 7 – Rendimento dos diferentes modelos de veículos.....	64
Tabela 8 – Distância percorrida total da frota por dia.....	64
Tabela 9 – Custo do combustível e de energia utilizados para o abastecimento dos veículos.....	65
Tabela 10 – Consumo dos veículos por ano.....	65
Tabela 11 – Custos com manutenção e peças por quilômetro rodado para cada modelo de veículo.....	66
Tabela 12 – Renovação da frota no período de 25 anos de contrato.....	66
Tabela 13 – Valor da prestação unitária mensal.....	68
Tabela 14 – Custo mensal com combustível e energia elétrica.....	69
Tabela 15 – Custos com manutenção e peças por mês.....	70
Tabela 16 – Custo mensal total unitário.....	71
Tabela 17 – Custo anual unitário.....	72
Tabela 18 – Custo total no final do período dos 5 anos.....	73
Tabela 19 – Custo mensal total unitário.....	73
Tabela 20 – Custo anual unitário.....	74
Tabela 21 – Custo total no final do período de 5 anos.....	74
Tabela 22 – Custo unitário total no final do período de 5 anos.....	75
Tabela 23 – Custo total da substituição da frota de ônibus analisada no final de 25 anos.....	75
Tabela 24 – Dados financeiros para o cálculo da viabilidade econômico-financeira do SFVCR.....	77
Tabela 25 – Valores de entrada e saída do Fluxo de Caixa da implantação do SFVCR.....	78
Tabela 26 – Fluxo de Caixa e Valor Presente Líquido da implantação do SFVCR.....	79
Tabela 27 – Valor Presente Líquido da implantação do SFVRC.....	81

Tabela 28 – Taxa Interna de Retorno da implantação do SFVCR.	83
Tabela 29 – Fluxo de Caixa e VPL acumulados para o cálculo do Payback.....	84
Tabela 30 – Energia elétrica gerada estimada por tipo de estação tubo - valores anuais.	87
Tabela 31 – Consumo energético da frota completa (exceto os veículos híbridos) movida a eletricidade.	87
Tabela 32 – Economia gerada pelo abastecimento da frota de veículos elétricos pelo SFVCR.	88

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Substituição da frota de ônibus.....	68
Gráfico 2 – Parcela mensal por tipo de veículo e por modelo de propulsão.	69
Gráfico 3 – Custo mensal com combustível e energia por tipo de veículo e por modelo de propulsão.....	70
Gráfico 4 – Custo mensal com manutenção por tipo de veículo e por modelo de propulsão.	71
Gráfico 5 – Custo mensal unitário total por tipo de veículo e por modelo de propulsão.	72
Gráfico 6 – Fluxo de Caixa anual do investimento.	80
Gráfico 7 – Valor Presente Líquido da implantação do SFVCR.	82
Gráfico 8 – Payback Simples da implantação do SFVCR.	85
Gráfico 9 – Payback Descontado da implantação do SFVCR.....	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIE	Agência Internacional de Energia
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CFLP	Companhia de Força e Luz do Paraná
CMC	Câmara Municipal de Curitiba
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
CPC	Comitê de Pronunciamentos Contábeis
EBTU	Empresa Brasileira dos Transportes Urbanos
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GEIPOT	Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes
IPPUC	Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba
MME	Ministério de Minas e Energia
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
RIT	Rede Integrada de Transporte
SBR	<i>South Brazilian Railways</i>
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SFVI	Sistema Fotovoltaico Isolado
SFVCR	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede
tep	Tonelada equivalente de petróleo
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TIR	Taxa Interna de Retorno
VE	Veículo Elétrico

VHE	Veículo Híbrido Elétrico
VP	Valor Presente
VPL	Valor Presente Líquido
URBS	Urbanização de Curitiba S.A.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	TEMA DE PESQUISA	16
1.2	PROBLEMAS E PREMISSAS.....	16
1.3	OBJETIVOS DA PESQUISA.....	17
1.3.1	Objetivo Geral	17
1.3.2	Objetivos Específicos	18
1.4	JUSTIFICATIVA TEÓRICA E PRÁTICA	18
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	19
1.6	ESTRUTURA DO PROJETO DE PESQUISA.....	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1	MOBILIDADE URBANA E SEUS DESAFIOS	22
2.2	TRANSPORTE PÚBLICO URBANO.....	23
2.3	TARIFA DO TRANSPORTE COLETIVO.....	24
2.4	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	26
2.4.1	Políticas Públicas e Regulamentações	27
2.4.2	Matriz Solar Fotovoltaica no Brasil.....	29
2.4.3	Matriz Solar Fotovoltaica em Curitiba	32
2.4.4	Sistemas Fotovoltaicos	34
2.5	VEÍCULOS ELÉTRICOS.....	37
2.6	ANÁLISE ECONÔMICO-FINANCEIRA.....	38
2.6.1	Fluxo de Caixa	40
2.6.2	Valor Presente Líquido – VPL.....	42
2.6.3	Taxa Interna de Retorno – TIR.....	43
2.6.4	<i>Payback</i>	43
2.6.4.1	<i>Payback</i> Simples.....	44
2.6.4.2	<i>Payback</i> Descontado	44
3	LEVANTAMENTO DOS DADOS DA FROTA DE ÔNIBUS DO TRANSPORTE PÚBLICO E DO POTENCIAL FOTOVOLTAICO DE CURITIBA	45
3.1	SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA.....	45
3.1.1	TERMINAIS.....	46
3.1.2	SISTEMA TRINÁRIO E ESTAÇÕES TUBO.....	49
3.1.3	FROTA DE ÔNIBUS DE CURITIBA.....	56
4	ANÁLISE ECONÔMICO – FINANCEIRA	67
4.1	FROTA DE ÔNIBUS	67
4.1.1	SITUAÇÃO 1	68

4.1.2	SITUAÇÃO 2.....	73
4.1.3	CUSTO TOTAL AO FINAL DOS 25 ANOS.....	74
4.2	SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE	76
4.2.1	Fluxo de Caixa	77
4.2.2	Valor Presente Líquido – VPL.....	80
4.2.3	Taxa Interna de Retorno – TIR.....	82
4.2.4	<i>Payback</i>	83
	4.2.4.1 <i>Payback</i> Simples.....	84
	4.2.4.2 <i>Payback</i> Descontado	85
4.3	RELAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DO SFVCR E DA SUBSTITUIÇÃO DA FROTA A DIESEL PELA FROTA ELÉTRICA	86
5	CONCLUSÃO	89
	REFERÊNCIAS	92

1 INTRODUÇÃO

A cidade de Curitiba atualmente participa do *C40 - Cities Climate Leadership Group*, que é formado e liderado por cidades com o foco em combater as mudanças climáticas através de políticas urbanas de redução das emissões de gases do efeito estufa e dos riscos climáticos. Através da busca deste objetivo espera-se também gerar bem-estar, oportunidades econômicas e saúde aos cidadãos urbanos. Para isso, a classificação das cidades é feita a partir do levantamento de dados e políticas públicas das cidades em temas como sustentabilidade, uso das áreas urbanas, transporte público, economia, entre outros (C40, 2018).

Em 2015, o Brasil assinou o Acordo de Paris na 21ª Conferência das Partes (COP-21). Este acordo tem como principal objetivo manter o aquecimento global abaixo de 1,5°C (ONU, 2016). Dentre as muitas propostas ao governo Brasileiro, o acordo firmado em Paris sugere que o Brasil diminua os incentivos à manutenção de atividades com altas taxas de emissões de gases do efeito estufa, como as que utilizam combustíveis fósseis. Além disso, espera-se que o Brasil expanda o uso de energias renováveis como fonte de energia limpa (URBAN LEDS, 2015).

O Brasil é um país que utiliza principalmente o modal rodoviário como meio de transporte de cargas e pessoas. Desta forma, o Brasil tem um grande desafio à frente na redução do uso de combustível fóssil. Para alcançar este fim o Acordo de Paris sugere que a redução do uso de fontes não renováveis comece pelo setor público, expandindo-se gradativamente para a iniciativa privada.

Curitiba é exemplo em mobilidade e sustentabilidade e o combate às mudanças climáticas faz parte da agenda local. Entre as muitas iniciativas da prefeitura da cidade estão a assinatura, em 2015, da “Carta Curitiba Sobre o Enfrentamento às Mudanças Climáticas” como também da adesão à “Declaração de Intenções para Ônibus Urbanos Limpos”. Dentre as várias propostas estabelecidas nestes documentos, estão a sugestão de implementação de planos e políticas públicas para o monitoramento das frotas de veículos motorizados e controle da poluição causada pelos ônibus.

Hoje, Curitiba opera sua frota de ônibus com 97,5% de veículos movidos a diesel e o restante, 2,5%, movidos a propulsão híbrida, a eletricidade ou biodiesel. Recentemente foi colocado em circulação para testes um veículo 100% elétrico na linha Circular Centro. O objetivo desses testes é analisar a autonomia do veículo em relação à distância percorrida e o consumo de energia. Segundo Dreier et al. (2015), o uso de uma frota híbrida no lugar de uma frota elétrica pode gerar cerca de 40% de economia na utilização de combustível e energia, e ainda uma redução nas emissões de CO₂ por volta de 400 g/km, como mostrado na Figura 1.

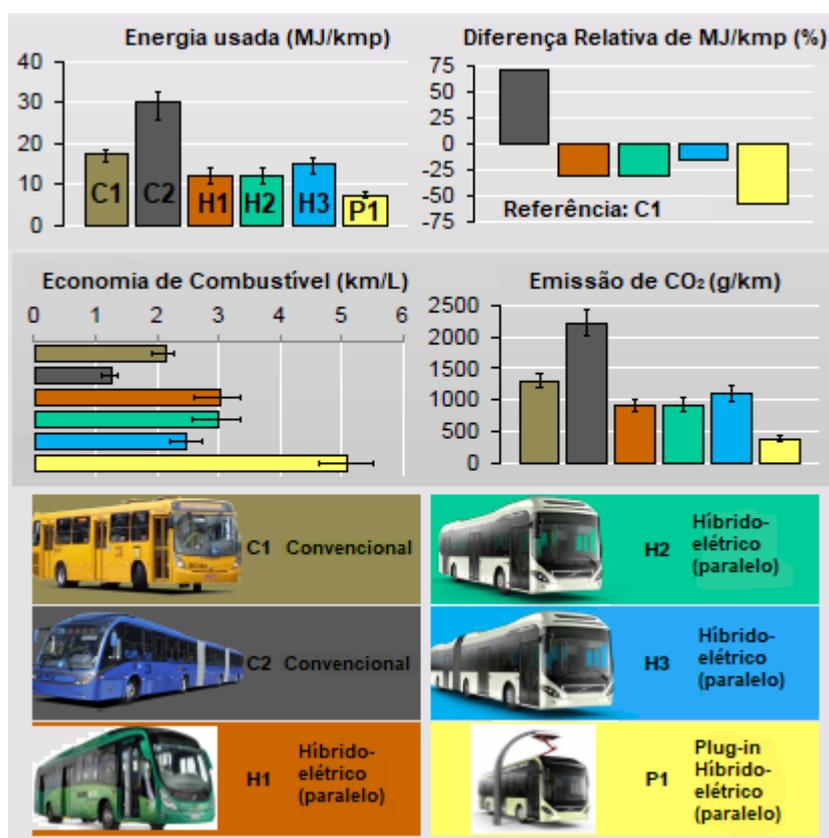


Figura 1 – Uso de Energia e Emissões de CO₂ dos modelos durante a operação em Curitiba.

Fonte: Adaptado de Dreier et al., 2015.

A redução no uso de combustíveis fósseis no transporte público de Curitiba implicaria em múltiplos benefícios. Para a população em geral, resultaria em melhoria na saúde dos que residem próximos a grandes fluxos de ônibus. Para os usuários do transporte coletivo implicaria, possivelmente, em um menor valor da tarifa cobrada, já

que, segundo a Urbanização de Curitiba S/A (2018) o uso de combustível fóssil para abastecimento da frota representa atualmente cerca de 12% dos custos totais da tarifa.

Desta maneira, o combustível se torna um fator importante na composição da tarifa e no funcionamento geral do sistema. Um exemplo recente da dependência de combustível fóssil do transporte brasileiro foi a Greve dos Caminhoneiros que ocorreu em maio de 2018, a qual ocasionou filas em postos de combustíveis, impediu que o transporte público funcionasse em várias cidades do país, e culminou em impactos relevantes na economia do país. Esse evento deixou claro aos brasileiros que o uso de novas fontes de energias no setor de transporte é uma necessidade urgente.

1.1 TEMA DE PESQUISA

O presente estudo tem como tema de pesquisa a análise da viabilidade econômico-financeira da implantação do sistema fotovoltaico conectado à rede no sistema de transporte público de Curitiba e a análise de custos da substituição da frota movida a diesel por uma frota com propulsão híbrida ou elétrica. Busca-se analisar o impacto no valor da tarifa paga pelo usuário do transporte público curitibano em um cenário onde a frota de ônibus é eletrificada.

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

A relação entre urbanização e o crescimento de renda per capita é uma das razões para o aumento do consumo energético pelos habitantes urbanos. Consequentemente tendo como resultado uma pressão crescente sobre os recursos energéticos. De acordo com Tiepolo et al. (2013), o aumento do poder de compra da população e a melhoria na qualidade de vida acarreta em uma redução na desigualdade econômica da população, mas como consequência, a demanda energética tende a aumentar.

O nível social, econômico e tecnológico de uma sociedade é medido pelo desenvolvimento energético que ela possui. No entanto, as consequências da produção de energia acarretam em desafios socioambientais que não podem ser ignorados, como a poluição atmosférica, a emissão de gases do efeito estufa, o risco

de desastres nucleares ou o alagamento de grandes extensões de terras para a construção de hidrelétricas (SVEN TESKE, 2013). Os desafios gerados pelo aumento da renda do cidadão urbano também se refletem na qualidade da mobilidade urbana, saúde pública, qualidade de vida, mudanças climáticas (LEITE; TELLO, 2010).

Desde a Rio-92, estão sendo estudados novos meios para combater as mudanças climáticas. Estes estudos buscam superar os desafios do crescimento sustentável com que as cidades se deparam, podendo assim, crescer e se desenvolver sem comprometer os recursos escassos existentes no planeta (LEITE, 2012).

Diante do avanço da ciência e do amadurecimento das tecnologias de geração de energia com fontes renováveis, é possível vislumbrar um novo cenário, ao mesmo tempo realista e responsável do ponto de vista social, econômico e ambiental (SVEN TESKE, 2013).

Considerando os avanços da tecnologia em relação às novas formas de geração de energia e principalmente com o foco em investimentos em matrizes mais sustentáveis é importante analisar os fatores envolvidos na implantação desses sistemas. Um estudo de viabilidade de implantação de um sistema deve considerar impactos sociais, ambientais, econômicos, entre muitos outros, pois em grande escala pode afetar a vida da população em geral. Contudo, neste estudo restringimos o estudo de viabilidade analisando o impacto financeiro da implantação de um sistema fotovoltaico para o sistema de transporte coletivo de Curitiba.

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade econômico-financeira da instalação do sistema fotovoltaico conectado à rede em estações tubos e terminais do sistema de transporte público de Curitiba e a análise de custos da frota com propulsão a diesel, biodiesel e eletricidade.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analisar a viabilidade econômico-financeira da implantação do sistema fotovoltaico conectado à rede no sistema de transporte coletivo curitibano;
- Analisar o custo da substituição de uma frota movida à diesel por uma frota movida à eletricidade;
- Analisar o impacto dessas alterações no valor da tarifa do transporte público curitibano relativa ao uso de combustível.

1.4 JUSTIFICATIVA TEÓRICA E PRÁTICA

Há várias décadas formas de diminuir a emissão de gases poluentes no meio ambiente tem atraído interesse. Este interesse fez com que novas tecnologias para o abastecimento dos veículos surgissem, sendo a eletricidade uma delas. De acordo com a Agência Internacional de Energia – AIE, o volume de veículos elétricos no mundo poderá chegar a 70 milhões de unidades em 2025, sendo que os principais fabricantes e usuários são China, Japão, Estados Unidos e Europa (AIE, 2017).

Em Curitiba o combustível utilizado na frota de ônibus ainda é majoritariamente o diesel. O diesel gera fuligem causando efeitos negativos para o meio ambiente e para a saúde do ser humano.

A compra do combustível para o abastecimento dos ônibus do transporte coletivo provém das tarifas cobradas aos usuários. Contudo, a tarifa não é só destinada para a aquisição do diesel, mas também para a manutenção da frota e vias que compõem o sistema do transporte público de Curitiba.

O estudo da análise dos custos no transporte público é relevante pois estes recursos afetam diretamente o usuário. A pesquisa objetiva compreender se haveria viabilidade econômico-financeira da implantação de um sistema fotovoltaico no sistema de transporte público de Curitiba ao longo de 25 anos. Objetiva também, prever os benefícios econômicos para o usuário.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo foi realizado com o intuito de encontrar possibilidades de melhorias para o sistema de transporte público de Curitiba, assim como benefícios para a população. Contudo, ao longo do trabalho encontrou-se dificuldades a cerca do custo de aquisição dos veículos elétricos e híbridos. Desta forma, estimou-se os seus valores de aquisição a partir de um coeficiente de majoração sobre o valor de aquisição da frota a diesel, a qual possui os valores de aquisição conhecidos. Sendo assim, este trabalho possui cunho especulativo de forma que pressupôs valores de aquisição para todos os tipos de veículos que compõe a frota de ônibus de Curitiba, partindo da ideia que já existisse tecnologia no mundo para tal substituição.

Ainda sobre a metodologia utilizada para a realização do presente estudo, considerou-se que todos os terminais de ônibus de Curitiba possuíssem a mesma área e já estivessem equipados de uma cobertura plana para a implantação dos painéis fotovoltaicos. Sendo assim, os custos com a adaptação da cobertura dos terminais não foram considerados nos cálculos da presente análise. Partindo desses pressupostos, o estudo foi realizado em quatro etapas.

A primeira etapa deste estudo consistiu em realizar o levantamento do consumo energético dos terminais e estações tubo do sistema de transporte coletivo de Curitiba. A partir do consumo energético dos elementos urbanos realizou-se uma pesquisa de preços com fornecedores da região, considerando que os modelos de painel fotovoltaico seriam definidos pela oferta dos fornecedores. Como os materiais dos painéis fotovoltaicos pode variar de acordo com o fornecedor foi preferível utilizar a média dos orçamentos obtidos.

A segunda etapa se deu pelo levantamento dos dados referentes à frota de ônibus do sistema de transporte coletivo de Curitiba. Estes dados englobam a quantidade de veículos que compõe a frota atual, o consumo de combustível, o rendimento de cada veículo e o valor de compra de cada modelo de ônibus operante na frota. Levantou-se para cada modelo de ônibus os dados referentes ao valor de

compra de combustível, de manutenção e de prestação ao longo dos 25 anos estudados.

A terceira etapa consistiu na análise da viabilidade econômico-financeira para a implantação do SFVCR e na análise dos custos envolvidos para a frota de ônibus, separadamente. Para a implantação do SFVCR utilizou-se as ferramentas de engenharia econômica como o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *Payback*, considerando os dados obtidos na primeira etapa e os dados referente a tarifa energética. A análise de custos da implantação da frota elétrica baseou-se nos dados da segunda etapa, considerando os dados da tarifa energética vigente.

A quarta etapa consistiu na análise dos resultados obtidos com o intuito de verificar a viabilidade econômico-financeira do projeto. A partir disso, verificou-se os possíveis uso para a energia elétrica gerada pelo SFVCR instalado, dentre eles, a possibilidade de parte da frota elétrica implantada ser abastecida por esta energia gerada. Ainda foram realizadas considerações acerca da relação entre a tarifa do transporte coletivo e a implantação do SFVCR e da frota elétrica e a possibilidade de uma redução em seu valor.

Para embasar as análises presentes nesta pesquisa, realizou-se uma pesquisa bibliográfica referente a energias renováveis com foco em energia solar fotovoltaica, mobilidade urbana, veículos híbridos e elétricos, viabilidade econômica e financeira por meio de livros, artigos, revistas científicas, informativos, trabalhos de conclusão de curso e monografias.

1.6 ESTRUTURA DO PROJETO DE PESQUISA

O desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso apresenta a seguinte estrutura:

O primeiro capítulo, nomeado como INTRODUÇÃO, inicia apresentando brevemente: 1) a Delimitação do Tema; 2) os Problemas e Premissas, onde são expostos os problemas que podem ser resolvidos ou melhorados com a proposta do trabalho; 3) Objetivos do Estudo; 4) a Justificativa, que tem como objetivo mostrar a importância do estudo para fins sociais, econômicos e ambientais; 5) os Procedimentos Metodológicos, que apontam os meios como os resultados do estudo serão obtidos.

O segundo capítulo, intitulado como REFERENCIAL TEÓRICO, é composto por conceitos e definições dos temas que compõe o estudo, como mobilidade urbana, fontes de energias renováveis, energia solar fotovoltaica, transporte público e o uso de veículos elétricos. São trazidos também conceitos de economia e administração que compõe a base para a realização dos cálculos de viabilidade econômica e financeira necessários à pesquisa.

No terceiro capítulo, chamado de LEVANTAMENTO DOS DADOS DA FROTA DE ÔNIBUS DO TRANSPORTE PÚBLICO E DO POTENCIAL FOTOVOLTAICO DE CURITIBA, é apresentado o levantamento dos dados necessários para os cálculos de viabilidade econômica e financeira, sendo que estes cálculos também são apresentados neste capítulo.

No quarto capítulo, denominado ANÁLISE ECONÔMICO – FINANCEIRA, a viabilidade econômica da implantação do sistema fotovoltaico e a substituição parcial da frota de ônibus do transporte coletivo de Curitiba é analisada.

Por fim, o quinto capítulo, designado como CONCLUSÃO, apresenta as considerações finais do estudo de viabilidade econômica e financeira da implantação de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFVCR) em terminais e estações tubo na cidade de Curitiba juntamente com a substituição da frota convencional por uma frota elétrica e/ou híbrida.

Ao final do estudo estão dispostas as referências bibliográficas utilizadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo objetiva apresentar um conjunto de conhecimentos relevantes aos seis principais temas deste estudo: mobilidade urbana e seus desafios, transporte público urbano, tarifa do transporte coletivo, energia solar fotovoltaica, veículos elétricos e análise econômico-financeira. Para isto buscou-se, com base em diversos registros bibliográficos e sistemas de conhecimento obter uma estrutura teórica fundamental para a condução da pesquisa.

2.1 MOBILIDADE URBANA E SEUS DESAFIOS

A mobilidade urbana pode ser definida como a facilidade de deslocamentos de pessoas e bens no espaço urbano. Estes deslocamentos esses são realizados através do sistema de transporte (por exemplo, automóveis, caminhar, bicicleta) e do sistema viário (vias, calçadas, etc.) (INSTITUTO PÓLIS, 2005).

A mobilidade urbana no Brasil é assegurada pela lei 12.597 de 2012, conhecida como a Lei da Mobilidade. Ela define mobilidade como a condição em que se realizam deslocamentos de cargas e pessoas em espaços urbanos, a qual é obtida por meio de políticas de transporte e circulação. A Lei da Mobilidade prioriza modos de transporte coletivo e não motorizados visando a melhoria da mobilidade de maneira efetiva, socialmente inclusiva e ecologicamente sustentável (BRASIL, 2012).

Segundo Leite (2012), um sistema de mobilidade inteligente, é aquele que objetiva desestimular o uso do automóvel e busca estimular o uso e a melhoria do sistema de transporte coletivo integrado, considerando a integração do uso do solo e do sistema de transportes.

Tanto Duarte (2009) quanto o Instituto Pólis (2005) defendem que, quando se trata de mobilidade urbana, o foco tem que ser a inclusão social de maneira que todas as parcelas da população tenham acesso aos bens que a cidade oferece (locais de emprego, escolas, hospitais, áreas de lazer, etc.).

De acordo com Vasconcellos (2012) e Leite (2012) o desenvolvimento da mobilidade urbana têm impacto direto no sistema de transporte coletivo e no sistema viário, afetando a interação entre eles. Leite (2012) ainda defende que para o desenvolvimento de uma cidade, os modelos de transporte público e individual precisam de reinvenção simultânea, buscando melhorias no sistema viário a fim de resolver problemas causados pelo crescimento populacional da cidade. Sendo que a maioria das melhorias poderiam ser aplicadas no sistema de transporte coletivo com o intuito de deixar o transporte coletivo mais atrativo para a população. Desta maneira tornando o transporte coletivo mais vantajoso e competitivo para o transporte individual.

2.2 TRANSPORTE PÚBLICO URBANO

Os primeiros registros que se tem sobre transporte coletivo são de 1661. Blaise Pascal, o renomado físico e matemático influenciou o Duque de Roaunez, que obteve junto ao Rei Luiz XIV o direito de explorar carruagens públicas para circular em Paris, com percurso, tarifas e horários definidos no período entre 1662 a 1678 (BRASÍLIA, 2015).

No Brasil, os primeiros registros de um sistema de transporte coletivo de passageiros remontam ao século XIX, quando carruagens com tração animal circulavam em trilhos de madeira. Depois estas carruagens deram lugar aos bondes puxados por mulas, que deslizavam em trilhos de ferro. Esses bondes, a partir do início do século XX, passaram a se movimentar com energia elétrica, compartilhando os deslocamentos urbanos com auto-ônibus, que eram movidos à gasolina. Embora precários, os serviços já eram prestados por meio de concessões públicas, que se desenvolveram em várias localidades, nas quais os serviços de fornecimento de energia para o transporte de bondes elétricos eram explorados - em conjunto - por uma só empresa, geralmente estrangeira (BRASÍLIA, 2015).

O termo transporte urbano é a denominação para os deslocamentos de pessoas e produtos realizados no interior das cidades. Já o termo transporte coletivo urbano está vinculado com a função do transporte coletivo nas grandes cidades de

garantir uma alternativa de transporte para a substituição do veículo particular (FERRAZ E TORRES, 2001).

Os benefícios socioeconômicos de um bom planejamento de transporte são descritos por Duarte, Sánchez e Libardi (2009) como diminuição dos congestionamentos, melhor qualidade de tráfego, diminuição dos custos com combustíveis e diminuição da poluição. Duarte, Sánchez e Libardi (2009) ainda explica que para incentivar o uso do transporte público e garantir a eficácia do modal, é necessário que exista uma segregação no sistema viário para os veículos coletivos através de corredores exclusivos para os ônibus.

O ex-prefeito de Curitiba, Jaime Lerner (1992) definiu uma cidade ambientalmente correta como aquela que dá prioridade para o transporte coletivo em detrimento ao individual, economizando combustível e reduzindo a necessidade de investimento em obras viárias. Lerner (1992) ainda afirma que a otimização do transporte coletivo democratiza o acesso a equipamentos urbanos, além de reduzir o número de automóveis nas ruas.

2.3 TARIFA DO TRANSPORTE COLETIVO

Usualmente a garantia da eficácia dos sistemas de transporte público está atrelada à cobrança de uma tarifa dos seus usuários. A determinação das tarifas dos transportes possui enorme relevância social (DUARTE, SÁNCHEZ E LIBARDI, 2009), já que é um dos fatores decisivos para a escolha do usuário entre utilizar o transporte coletivo ou adquirir um transporte individual. A economia da cidade também depende do valor da tarifa, pois ela pode ser considerada um ativo circulante para a prefeitura e a sua variação é capaz de gerar rotatividade financeira. Desta maneira, a prefeitura é capaz de determinar se o transporte coletivo está sendo rentável e tendo procura da população.

Contudo, para Stiglitz (1998), o transporte público não se manteria apenas com as tarifas pagas pelos passageiros e por esse motivo classifica o transporte coletivo

como um bem público impuro, o qual precisa de subsídio do governo para manter-se. Sendo assim, o cidadão que não utiliza o transporte público também contribui.

Segundo Brasileiro e Henry (1998) os subsídios do governo para o transporte coletivo público começaram na segunda metade da década de 70, quando as empresas fabricantes de chassis e carrocerias buscavam um mercado nacional para a venda de seus veículos. O subsídio dado pelo poder público e a necessidade operacional do setor de transporte coletivo fomentou a produção de veículos.

Ainda de acordo com Brasileiro e Henry (1998), o método utilizado para o cálculo da tarifa do transporte público, que ainda é usado na maioria das cidades brasileiras (exceto Curitiba e São Paulo), foi criado em 1982 pelo GEIPOT e EBTU. O método foi chamado de Instruções Práticas para o Cálculo de Tarifas de Ônibus Urbanos e, nele são encontrados os custos de insumos necessários ao cálculo das tarifas de ônibus urbanos.

De acordo com Ferraz e Torres (2001) existem várias formas de financiamento do sistema de transporte público urbano. Os mais conhecidos são: tarifa paga pelos usuários, recursos orçamentários do governo, publicidade no sistema e recursos governamentais não orçamentários. Atualmente no Brasil, a principal fonte de financiamento do transporte público urbano é a tarifa, ou seja, o pagamento direto dos usuários pelas viagens.

A tarifa do transporte coletivo em Curitiba é composta pelos seguintes custos: pessoal e encargos, combustível, impostos e taxas, despesas administrativas, depreciação, remuneração, rodagem, lubrificantes, peças e acessórios. Em Curitiba, a participação dos combustíveis representa mais de 12% dos custos totais dos serviços de transportes (URBS, 2018), conforme mostra a Figura 2.

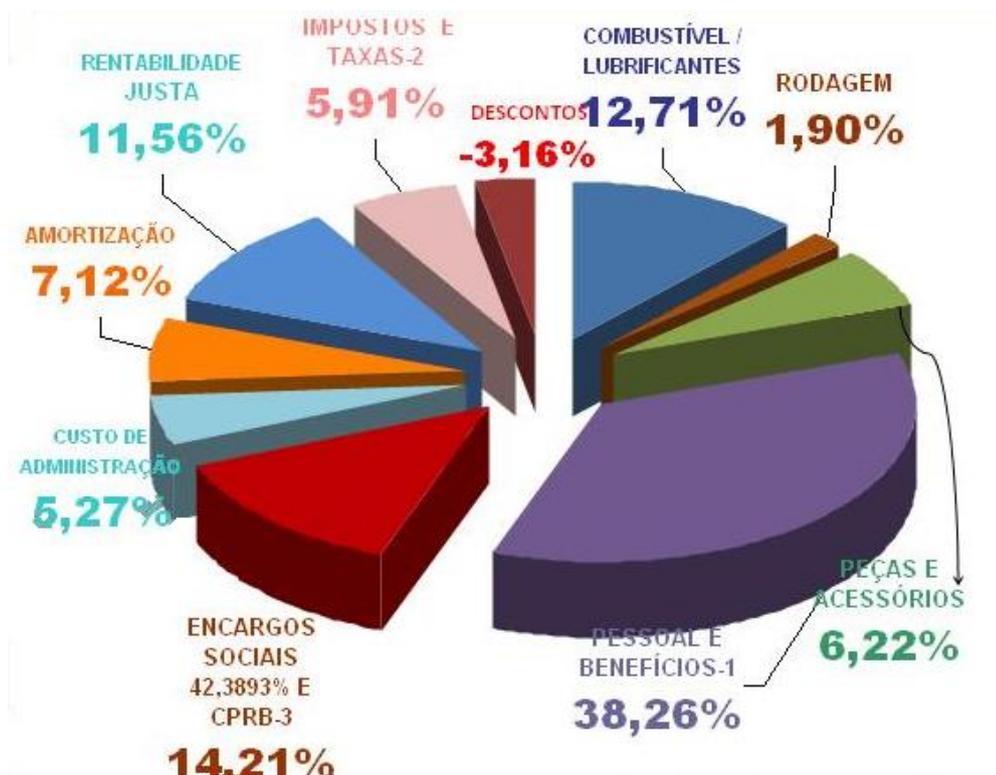


Figura 2 – Composição da Tarifa do Transporte Coletivo de Curitiba.

Fonte: URBS, 2018.

2.4 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Nos últimos anos a demanda por energia elétrica cresceu a nível mundial e isso mostrou a necessidade de outras formas de geração de energia. O crescimento econômico de um país se mostra pela quantidade de energia gerada e utilizada, pois mostra a industrialização e o desenvolvimento crescente. Porém, nem todos os países emergentes possuem tecnologia suficiente para gerar energia de forma sustentável.

O Brasil é um dos poucos países emergentes cuja matriz energética é na maior parte renovável. Ainda assim o Brasil também depende de outras fontes de energia. Portanto, para suprir a crescente demanda energética é necessário que novas fontes de energia sejam estudadas.

2.4.1 Políticas Públicas e Regulamentações

No Brasil, o órgão responsável pela criação de leis regulamentadoras e diretrizes que incentivam o uso de energias renováveis é o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), vinculado à Presidência da República e criado pela Lei nº 9.478/97 (PHILIPPI JR., 2016). A partir deste marco legal, se têm criado e fomentado políticas públicas para o uso de energia gerada por fontes renováveis, como hidroelétricas, eólicas, biocombustíveis, solar, entre outras.

A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL é o órgão público que rege o setor elétrico brasileiro juntamente com o Ministério de Minas e Energia – MME (ANEEL, 1996). Em 2012, a Resolução Aneel n.482/2012 instituiu a compensação de energia elétrica que possibilita às unidades consumidoras compensar o seu consumo de energia através da micro e mini geração distribuída. As fontes de energia podem ser de matriz hidráulica, solar, eólica, biomassa e cogeração qualificada. Ao final do mês é contabilizado o quanto de energia foi gerada e o quanto foi consumida. A partir dessa relação, é possível gerar créditos de consumo caso a energia produzida pelo sistema for maior que a energia consumida (ANEEL, 2012).

Os incentivos governamentais possibilitam que cidadãos comuns e pequenas empresas produzam a sua própria energia e diminuam o consumo energético fornecido pela rede. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2016), no Brasil foi consumido cerca de 44.705 ktep de energia elétrica sendo que os setores que mais consumiram foram o setor residencial (25,6% do total), o setor público e comercial (25,5% do total) e o setor industrial (33,6% do total). Sendo que as tarifas energéticas são diferenciadas para cada um desses setores, os custos com energia também são diferenciados.

A ANEEL (2010) define as unidades consumidoras por Grupo A e Grupo B a partir do consumo energético das mesmas. Estão dentro do Grupo A as unidades consumidoras com atendimento de tensão superior a 2,3 kV e dentro do Grupo B estão as unidades consumidoras com atendimento de tensão inferior a 2,3 kV (ANEEL, 2010). A divisão desses dois grupos define se o sistema instalado na unidade

consumidora será de micro geração distribuída ou de mini geração distribuída e consequentemente define as tarifas que serão cobradas pela unidade distribuidora.

No estado do Paraná a unidade distribuidora de energia é a Companhia Paranaense de Energia – COPEL e utiliza a Norma Copel NTC 905200 para regulamentar a micro e mini geração distribuída de energia (COPEL, 2014). A classificação da unidade geradora é definida pela potência instalada, de acordo com a Figura 3.

Microgeração	Minigeração
Menor ou igual a 75 kW	Superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada ou para fontes renováveis de energia elétrica

Figura 3 – Classificação da central geradora.

Fonte: Copel, 2014.

A COPEL (2018), com base nas Resolução ANEEL nº 482/2012 e suas modificações, estabelece três categorias para unidades consumidoras para o abatimento no consumo. A primeira categoria é a de Autoconsumo Remoto, caracterizada por unidades consumidoras (pessoas jurídicas ou pessoas físicas) que possuam micro ou mini geração distribuída em local diferente da unidade consumidora, da qual os créditos gerados serão compensados. A segunda categoria é a de Empreendimento com Múltiplas Unidades Consumidoras, caracterizada pela utilização da energia elétrica de forma independente desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades adjacentes da unidade geradora, sendo de unidades distintas e de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento. A terceira categoria é a de Geração Compartilhada, caracterizada pelo conjunto de consumidores dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa que possua unidade consumidora em local diferente da unidade geradora.

A partir desses conceitos o presente projeto pode ser classificado tanto na segunda categoria, Empreendimento com Múltiplas Unidades Consumidoras, como na terceira categoria, Empreendimento com Geração Compartilhada. Para o projeto pertencer a segunda categoria, os veículos elétricos teriam que ser abastecidos nos próprios terminais e estações tubo, ou ainda, os créditos de compensação teriam que ser utilizados pelos próprios elementos urbanos. De outro modo, para o projeto pertencer a terceira categoria, os veículos elétricos teriam que ser abastecidos nas garagens dos ônibus, já que o sistema fotovoltaico seria instalado nas estações tubo e terminais da cidade, assim a unidade consumidora seria diferente da unidade geradora. Considerando que a URBS e as empresas de ônibus fizessem parte da mesma concessão.

2.4.2 Matriz Solar Fotovoltaica no Brasil

O Brasil é um dos países que mais utiliza energia renovável, pois grande parte da energia consumida no país provém de hidroelétricas. De acordo com um levantamento feito pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE em 2016, a matriz energética brasileira é composta por cerca de 80% de fontes renováveis de energia, muito acima do que o percentual mundial, que fica em torno de 20% (EPE, 2016), como mostra a Figura 4.

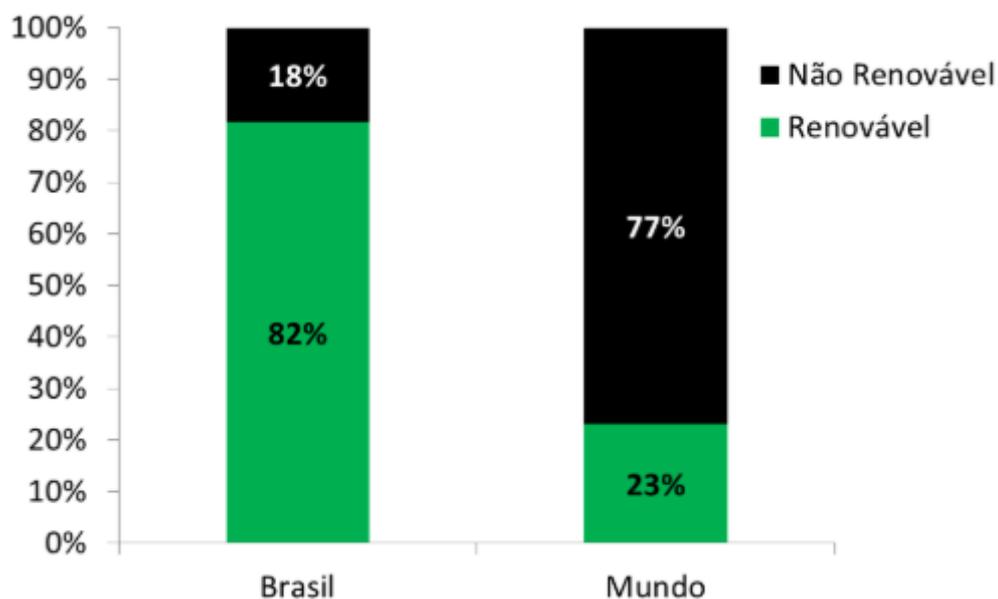


Figura 4 – Comparação entre as Composições da Matriz Energética Brasileira e Mundial.

Fonte: EPE, 2016.

Apesar do Brasil possuir uma matriz energética de maioria de caráter renovável, ainda possui necessidade de outras fontes de energia dentro do percentual de 80%, pois cerca de 70% dessa energia renovável é gerada pela força da água e apenas 5,4% da energia gerada provém de matriz energética solar e eólica, Figura 5 (EPE, 2016). Quando o país sofre períodos de estiagem e secas outras fontes de energia têm que ser acionadas para suprir a demanda nacional. Geralmente as termelétricas são a opção mais eficaz, já que são capazes de produzir a energia necessária de maneira mais rápida.

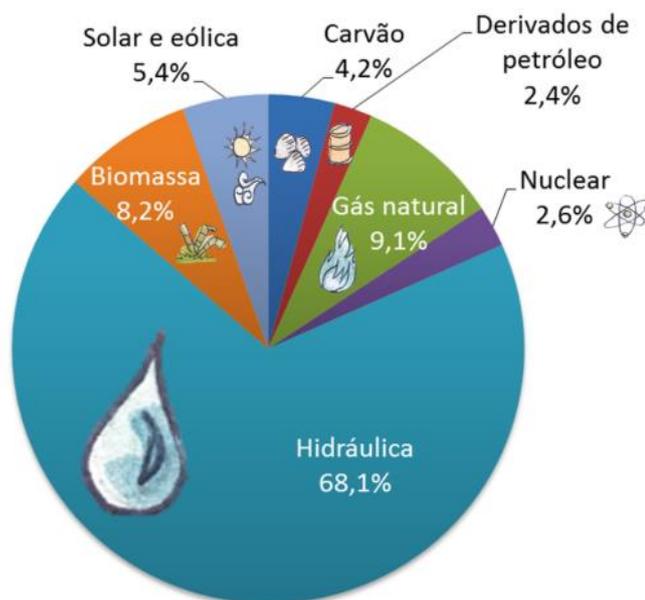


Figura 5 – Matriz Energética Brasileira.

Fonte: EPE, 2016.

Os países europeus apresentam um potencial solar fotovoltaico abaixo do brasileiro mas produzem mais energia de origem solar fotovoltaica do que o Brasil. Contudo, a irradiação solar do Brasil tem potencial de gerar energia por sistemas fotovoltaicos que poderia superar o valor atual de vários países europeus, por exemplo. De acordo com Pereira et al. (2006), os níveis de incidência de irradiação solar global em qualquer região do Brasil chegam a ser maiores que em países europeus, onde a energia solar fotovoltaica é muito utilizada, como mostrado na Figura 6.

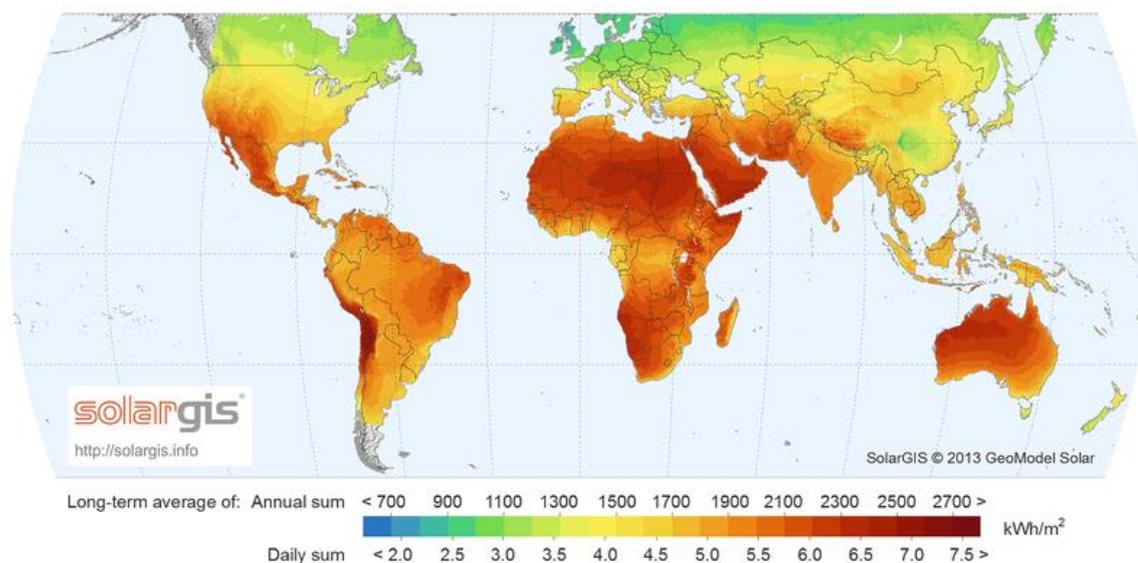


Figura 6 – Radiação solar direta média nos diferentes continentes.

Fonte: Adaptado de SOLARGIS, 2013.

Apesar do uso de energia gerada por matriz solar fotovoltaica ainda ser menor do que o potencial energético, a instalação de sistemas fotovoltaicos tem crescido gradativamente no Brasil. O crescimento se deu principalmente pelos incentivos governamentais e fiscais nos últimos anos. Segundo a EPE (2016), a geração de energia a partir dos incentivos de compensação de energia resultou em 104,1 GWh de energia excedente. Desta maneira, a instalação de sistemas solares fotovoltaicos se mostra muito vantajoso em relação a outras fontes de energia.

2.4.3 Matriz Solar Fotovoltaica em Curitiba

A cidade de Curitiba é conhecida no Brasil como a capital mais fria do país e seus dias, de grande maioria cinzas, causam a impressão de não há incidência solar na cidade. No entanto, o Mapa Solar do Estado do Paraná mostra resultados diferentes, Figura 7. A escala do potencial fotovoltaico do estado é decrescente no sentido do litoral, ou seja, a energia gerada no norte e noroeste do estado será maior que a energia gerada no litoral do estado.

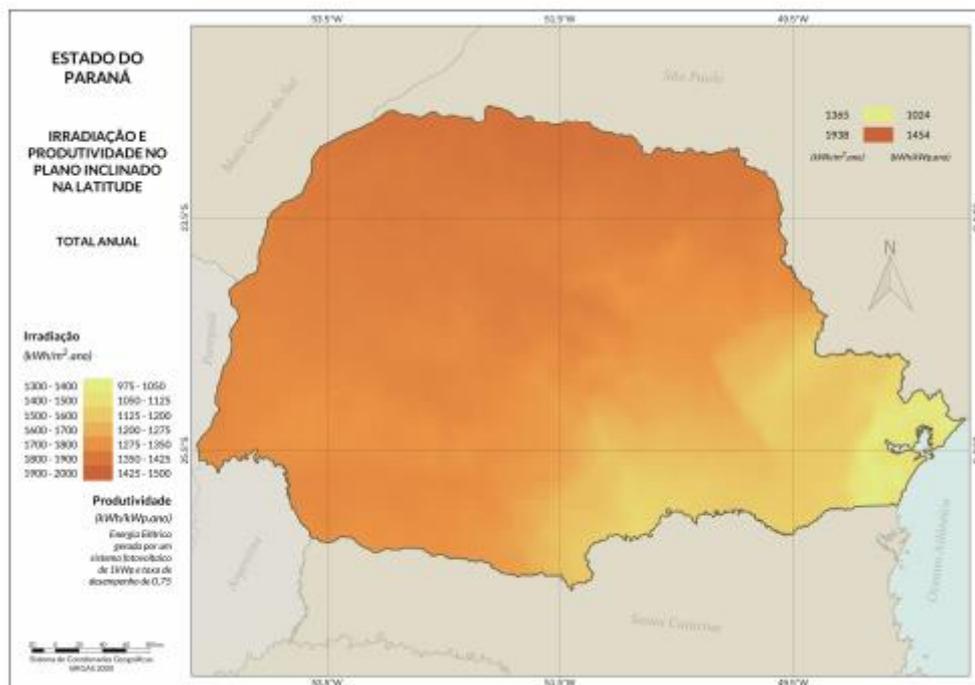


Figura 7 – Atlas de Energia Solar no Estado do Paraná (Plano Inclinado).

Fonte: TIEPOLO et al., 2017.

Contudo, em comparação com o resto do estado a Mesorregião, onde está localizada Curitiba e o litoral, possui uma produtividade de energia relativamente baixa, como mostra a Figura 8. A partir da análise do mapa é possível notar que Curitiba possui uma produtividade anual entre 1050 a 1200 kWh/kWp.ano de energia.

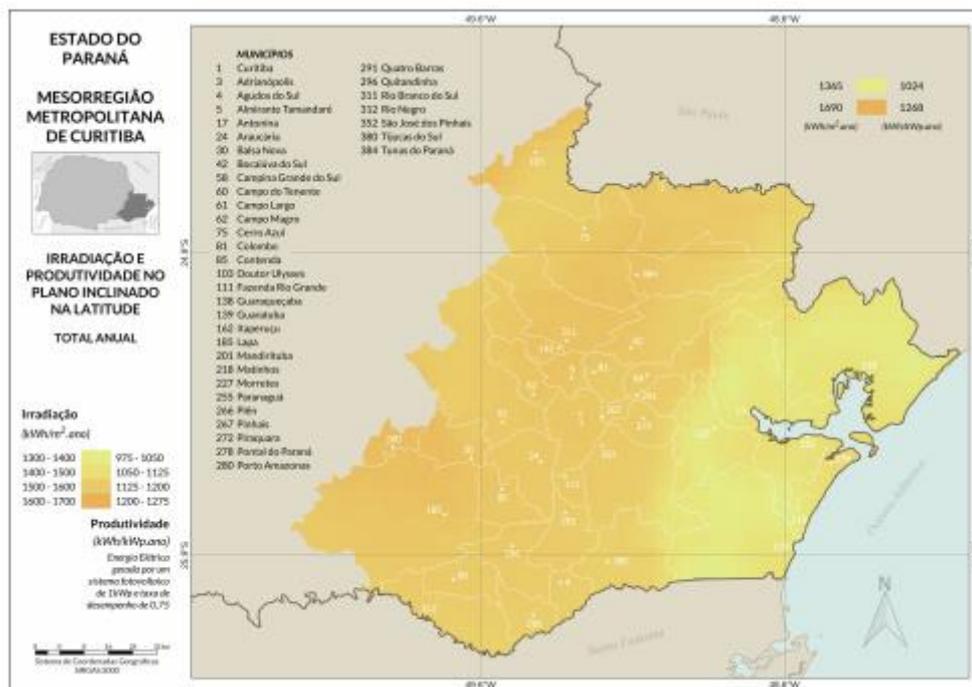


Figura 8 – Mapa Solar da Mesorregião do Estado do Paraná.

Fonte: TIEPOLO et al., 2017.

A Alemanha é um país europeu que possui a geração de energia principalmente vinda de fontes renováveis de energia, como a eólica e a solar. De acordo com a Agência Internacional de Energia – IEA (2018), a Alemanha tem o objetivo de que 50% de sua energia consumida seja produzida por fontes renováveis de energia até 2030.

De acordo com o Mapa Solar da Alemanha, Figura 38, o potencial energético produzido no país varia de 825 a 1050 kWh/kWp.ano, valor equivalente ao produzido pelo litoral paranaense. Portanto, as condições energéticas do ponto de vista solar fotovoltaico em Curitiba são relativamente altas.

2.4.4 Sistemas Fotovoltaicos

Os sistemas fotovoltaicos são classificados de acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora NBR 11704:2008 – Sistemas Fotovoltaicos – Classificação e aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. São separados em

duas categorias, Sistemas Isolados e Sistemas Conectados à Rede, as suas principais diferenças são descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação de Sistemas Fotovoltaicos

Tipo de sistema		Alimentação dos consumidores	Acumulação de energia elétrica	Componentes básicos	Aplicações típicas
Sistemas isolados	Puros	Tensão contínua	Não	Seguidor de potência máxima (desejável)	Bombeamento, produção de hidrogênio etc.
			Sim	Controlador de carga e acumulador	Iluminação, telecomunicações, sinalização náutica, cerca elétrica, proteção catódica etc.
		Tensão alternada	Não	Inversor	Bombeamento, uso industrial etc.
			Sim	Controlador de carga, acumulador e inversor	Eletrificação rural, bombeamento, telecomunicações, uso industrial, iluminação etc.
	Híbridos	Tensão contínua	Sim	Controlador de carga, acumulador e gerador complementar	Telecomunicações, iluminação, sinalização rodoviária e ferroviária etc.
		Tensão alternada	Opcional	Controlador de carga, acumulador opcional e gerador complementar	Iluminação, uso industrial etc.
Sistemas conectados à rede elétrica	Puros	Tensão alternada	Não	Inversor	Aplicações residenciais, comerciais e industriais, produção de energia para a rede pública etc.
	Híbridos	Tensão alternada	Não	Inversor e gerador complementar	Aplicações residenciais, comerciais e industriais, produção de energia para a rede pública etc.
			Sim	Inversor, gerador complementar e acumulador	Eletrificação rural, uso industrial, suprimento ininterrupto de energia etc.
NOTA Todos os tipos de sistemas possuem gerador fotovoltaico entre os componentes básicos.					

Fonte: NBR 11704:2008, 2008.

Segundo Lamberts R. et al (2010), o Sistema Isolado não possui conexão com a rede elétrica pública de fornecimento de energia e por isso precisam de baterias para armazenar a energia gerada. O Sistema Isolado contém os painéis fotovoltaicos, controladores de carga, baterias e inversores. O controlador monitora a quantidade de carga que a bateria contém e o inversor converte a tensão contínua gerada pelo painel em tensão alternada, como mostrado na Figura 9.

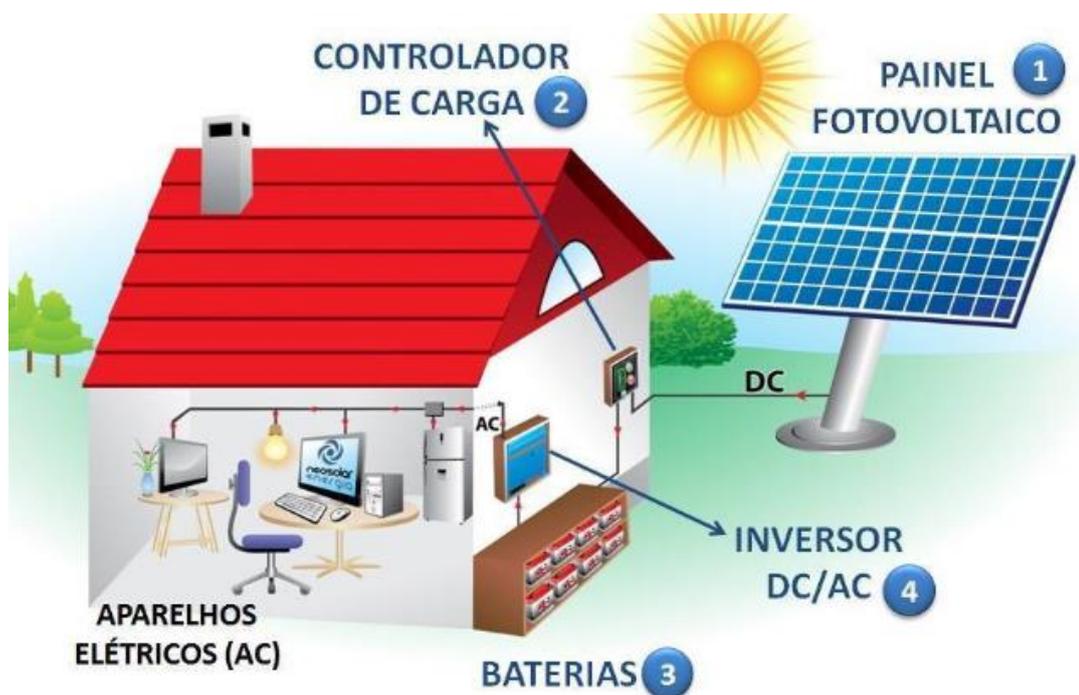


Figura 9 – Esquematização do Sistema Fotovoltaico Isolado.

Fonte: NEOSOLAR, 2016.

Lamberts R. et al (2010) também esclareceram que os sistemas com conexão com a rede elétrica pública são chamados de Sistemas Conectados à Rede (SFVCR) e não necessitam do uso de baterias, pois a energia gerada pelo sistema é injetada na rede. Desta maneira o sistema é composto pelos painéis fotovoltaicos e inversores, como mostrado na Figura 10. O inversor converte a tensão contínua em tensão alternada e com os mesmos padrões utilizados pela rede elétrica em que está conectado. Após a energia ser injetada na rede o inversor é desligado automaticamente.

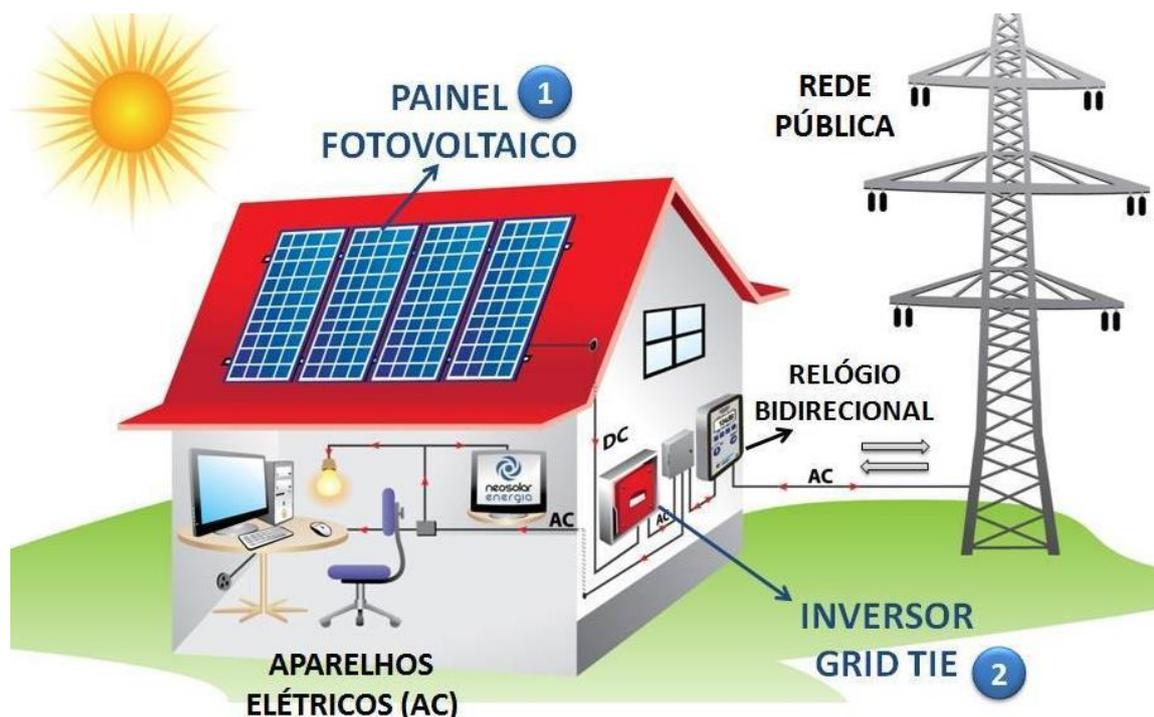


Figura 10 – Esquemáticação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede.

Fonte: NEOSOLAR, 2016.

2.5 VEÍCULOS ELÉTRICOS

Segundo Husain (2003), a quantidade de veículos no planeta aumentou em 1 bilhão nos últimos anos. Com isso, aumentou também o problema da poluição pela emissão de gases.

A demanda crescente por energia elétrica acarreta em consequências, e devido a isto, surge a necessidade que os agentes públicos discutam maneiras de explorar os recursos naturais de maneira menos agressiva e mais sustentável. A AIE também acentua a importância de políticas públicas alternativas para amenizar a dependência do mundo em importação de petróleo e gás natural, pois são poucos os países que fazem a exportação desses recursos (PEREIRA, 2010).

Husain (2003) afirma que as consequências da dependência no petróleo são refletidas na economia e na política de um país. Husain (2003) ainda compara a utilização de eletricidade com os derivados do petróleo, revelando que se tratando de

eficiência mecânica, o veículo elétrico é mais eficiente que o veículo movido a diesel. Adicionalmente, os veículos elétricos são os únicos veículos considerados como de zero emissão.

A utilização de veículos elétricos tem crescido mundialmente, e se combinados com soluções inteligentes será possível estender a demanda por veículos elétricos e com isso, diminuir o seu custo (LEITE, 2012). Entretanto, para a análise financeira da implementação de uma frota de veículos é necessário considerar o consumo de combustível do veículo, a quilometragem percorrida em seu trajeto diário e o custo do tipo de combustível (diesel, biodiesel e eletricidade) utilizado. Para veículos elétricos, o cálculo da demanda elétrica é realizado a partir do consumo de diesel que o mesmo modelo consumiria em um determinado tempo, para isso é utilizada a Equação 1.

$$DE = \frac{C*d*EP*T}{1.000.000} \quad (1)$$

Sendo que:

DE: é a demanda elétrica do veículo em MWh/ano;

C: é o consumo diário de diesel da linha em l/dia;

d: é a densidade do diesel, igual a 837g/l;

EP: é a energia específica do diesel, igual a 12 kWh/kg;

T: é o tempo de análise em um ano, igual ao número de dias úteis, igual a 240 dias.

2.6 ANÁLISE ECONÔMICO-FINANCEIRA

O engenheiro deve estar preparado para tomar decisões econômicas com base nos custos de um empreendimento para se obter a real economia (HIRSCHFELD, 1989). Contudo, para que o investimento gere lucro e seja atrativo para o investidor é necessário entender como os custos são compostos e a importância de cada variável dentro da análise do estudo de viabilidade econômica e financeira.

A análise econômico-financeira é denominada desta maneira por haver diferenças entre as variáveis analisadas em um estudo econômico e em um estudo financeiro. A importância de conhecer as diferenças entre esses dois termos resulta na interpretação correta da situação do projeto a partir da aplicação correta dos métodos. Segundo Rossi (2015), a análise financeira estuda a liquidez e a capacidade da empresa de conseguir quitar os seus dividendos. A fim de definir se a empresa possui condições de realizar um investimento ou não a partir do capital de giro e para isso utiliza a análise do Fluxo de Caixa da empresa sem considerar a variação do dinheiro no tempo. Rossi (2015) ainda define análise econômica como uma avaliação da rentabilidade e lucratividade do desempenho da empresa com foco no retorno dos investimentos realizados, considerando a variação do dinheiro no tempo. As ferramentas utilizadas na análise econômica são o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *Payback*.

A análise de custos é importante em qualquer setor da sociedade, principalmente nos que afetam diretamente à população. Ferraz e Torres (2001) salientam que todo projeto de transporte apresenta impactos positivos, os benefícios, e negativos, que são os custos, sendo que parte desses impactos pode ser considerada como monetizável e outra parte como não monetizável.

Os custos envolvidos no sistema de transporte urbano são separados em custos internos ou diretos de operação e custos externos. Os custos internos são aqueles que são pagos pelos usuários e que são considerados nas escolhas de seus deslocamentos. Exemplos disso incluem, gastos com combustível, seguro e tarifas. Os custos externos são aqueles que não são pagos pelos usuários e sim por terceiros, como no caso das externalidades negativas. Os custos externos do transporte envolvem atrasos decorrentes dos congestionamentos, acidentes, poluição do ar, mudanças climáticas, poluição sonora e da água, entre outros (BRASÍLIA, 2015).

Ferraz e Torres (2001) dividem os custos monetários diretos em custos de implantação e operação, incluindo os custos de manutenção e administração. Eles consideram os custos monetários indiretos como os impactos sobre o meio ambiente, impactos sobre o uso e o valor do solo, impactos sociais, entre outros.

Brasileiro e Henry (1998) relacionam os custos envolvidos no sistema de transporte coletivo com o índice de utilização do modal. De acordo com os autores, o nível de renda familiar e a finalidade da utilização do transporte público são os fatores determinantes ao acesso do transporte coletivo.

Sobre a análise de viabilidade econômica, Ferraz e Torres (2001) definem que o princípio básico da avaliação econômica pura, também referida como avaliação monetária, é comparar os valores monetários dos custos e dos benefícios do projeto. Segundo eles, o confronto entre os benefícios e os custos monetários deve ser feito com métodos adequados, que considerem, portanto, a incidência de juros sobre o capital, já que o dinheiro não tem valor constante no tempo.

Para a implantação ou melhoria de sistemas de transporte urbano Ferraz e Torres (2001), defendem que os métodos de avaliação econômica pura são inadequados para as análises da viabilidade de projetos de natureza pública, contudo de extrema importância na análise da viabilidade de projetos privados.

A fim de manter o presente estudo simplificado, a análise de viabilidade econômico-financeira da implantação do SFVCR e da frota de ônibus elétrico considerou que o projeto pertence ao setor privado e não ao setor público. Assim sendo, para a análise de custos da frota elétrica foi utilizada a análise financeira, sem considerar a variação do dinheiro no tempo. Já para a análise da implantação do SFVCR foi utilizada a análise econômico-financeira, considerando a variação do dinheiro no tempo assim como o tempo de retorno do investimento.

2.6.1 Fluxo de Caixa

O Fluxo de Caixa pode ser considerado a base da análise de viabilidade econômico-financeira de um projeto. É no Fluxo de Caixa que estarão dispostos as perdas e os ganhos que uma empresa terá em um certo período de tempo. De acordo com o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE (2018), o Fluxo de Caixa é uma ferramenta de desempenho que mede a estabilidade e

capacidade de geração de lucro de um empreendimento a partir da análise da viabilidade do mesmo.

O objetivo do Fluxo de Caixa é gerar saldos positivos a partir da compatibilização entre o fluxo e o volume de entradas e saídas de valores. No entanto, para que a projeção estratégica do Fluxo de Caixa gere bons resultados é necessário elaborar um Fluxo de Caixa com base nas informações operacionais da empresa (SEBRAE, 2018).

Os benefícios trazidos por um Fluxo de Caixa bem elaborado são inúmeros e o Comitê de Pronunciamentos Contábeis – CPC (2010) ressalta a importância das informações contidas no Fluxo de Caixa e a sua utilidade na avaliação da capacidade de geração de caixa, principalmente para auxiliar o usuário a desenvolver modelos de avaliações para comparar o Valor Presente dos fluxos de caixa futuros.

Ao realizar uma Descrição de Fluxo de Caixa é necessário que a entidade defina a classe de atividade em que está inserida. Para isso, o empreendedor deve seguir as categorias definidas pela Deliberação CVM 547/2008 do CPC, que são as Atividades Operacionais, Atividades de Investimento e Atividades de Financiamento.

De acordo com a Deliberação CVM 547/2008 as Atividades Operacionais são explicadas pelas receitas e gastos decorrentes da industrialização, comercialização ou prestação de serviços da empresa e têm ligação com o capital circulante líquido da empresa. As Atividades de Investimento são os gastos efetuados no Realizável a Longo Prazo, em Investimentos, no Imobilizado ou no Intangível, bem como as entradas por venda dos ativos registrados nos referidos subgrupos de contas. E por fim, as Atividades de Financiamento são os recursos obtidos do Passivo Não Circulante e do Patrimônio Líquido. Ainda nesta atividade devem ser incluídos os empréstimos e financiamentos de curto prazo, assim como as saídas que correspondem à amortização destas dívidas e os valores pagos aos acionistas a título de dividendos, distribuição de lucros.

Segundo o CPC (2010), a entidade deve apresentar seus Fluxos de Caixas advindos das atividades operacionais, de investimentos e de financiamento da forma

mais adequada aos seus negócios. A influência de tais atividades sobre a posição financeira da entidade e o montante de seu caixa são avaliados por informações geradas pela classificação das atividades.

Quando o assunto é investimento em um empreendimento, a CPC (2010) sugere que as atividades sejam classificadas como atividade de investimento e sejam separadas das atividades operacionais, pois os Fluxos de Caixa representam a extensão em que os gastos de recursos feitos pela entidade com o intuito de obter lucros e Fluxos de Caixa no futuro.

A partir disso, o presente estudo irá considerar o Fluxo de Caixa com base em Atividades de Investimento, pois o estudo de viabilidade econômica de instalação do SFVCR considera um financiamento a longo prazo.

2.6.2 Valor Presente Líquido – VPL

O Valor Presente Líquido é a ferramenta financeira mais utilizada em projetos de viabilidade econômica e na análise de investimento de uma empresa, pois segundo Jordan (2013), um investimento é vantajoso quando cria valor para os seus proprietários. Ou seja, quando o valor do investimento é maior no valor de mercado do que o valor que custou para ser adquirido. A diferença entre o valor de mercado e o valor do custo de um investimento é chamada de Valor Presente Líquido.

Para Gitman (2010), o VPL estuda o valor do montante no tempo, estimando o Valor Presente do Fluxo de Caixa a partir do custo de investimento feito pelo empreendedor. O custo de investimento, também conhecido como custo de capital, consiste em um retorno mínimo que um empreendimento precisa gerar para manter o valor de mercado da empresa inalterado. Para a análise do VPL, tanto Jordan (2013) quanto Gitman (2010), utilizam a Equação 2.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} - FC_0 \quad (2)$$

Sendo que:

VPL: valor presente líquido;

FC_t : fluxos de caixa referente a cada ano no horizonte de planejamento;

FC_0 : investimento inicial;

i : taxa mínima de atratividade do projeto (TMA);

$t = (1; n)$: períodos do horizonte de planejamento.

O Valor Presente Líquido deve obter resultados positivos para que o investimento seja aceito. Caso o resultado seja negativo, significa que o investimento não gerará lucros e a empresa poderá ter prejuízos com o a implantação do projeto (JORDAN, 2013).

2.6.3 Taxa Interna de Retorno – TIR

A Taxa Interna de Retorno é uma taxa de investimento que está intimamente ligada ao VPL e ela tem como objetivo tornar o VPL de um investimento igual a zero (JORDAN, 2013). Ou seja, o valor do investimento inicial é igualado ao valor atual das entradas, tornando o valor de VPL nulo. Desta maneira é possível achar o momento de retorno do investimento, conhecido como *Payback* (GITMAN, 2007). O valor da TIR é obtido através da Equação 3:

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} - FC_0 \quad (3)$$

Portanto, a tomada de decisão para a viabilidade do projeto se dá pela análise do excedente sobre a TIR. Se a TIR exceder ao retorno exigido do investimento, o mesmo é aceitável. Se caso não for excedente, o investimento deverá ser recusado.

2.6.4 *Payback*

A ferramenta financeira *Payback* é o período de retorno de um investimento proposto, ou seja, é um período necessário para recuperar o investimento inicial

(JORDAN, 2013). A ferramenta pode ser dividida em duas formas, *Payback* Simples e *Payback* Descontado.

2.6.4.1 *Payback* Simples

O *Payback* Simples é um método que calcula a quantidade de anos que serão necessários para que o fluxo de caixa operacional do projeto seja igual ao valor do investimento realizado. Para Lemes Jr *et al* (2013), o *Payback* Simples não deve ser usado em comparações de projetos, e sim em verificação da viabilidade de acordo com as necessidades da empresa, pois o método não considera o valor do dinheiro no tempo.

2.6.4.2 *Payback* Descontado

Diferentemente do método anterior, o *Payback* Descontado considera o fluxo de caixa no valor presente. Desta maneira, de acordo com Gitman (2007), o método *Payback* Descontado contabiliza o tempo necessário para que o capital investido seja recuperado, considerando a variação de valor do dinheiro no tempo. Com isso existe a possibilidade de análise do indicativo do risco do investimento, ou seja, quanto maior o tempo de retorno necessário para se ter o investimento inicial, maior será o *Payback*.

De acordo com Lemes Jr *et al* (2013), o *Payback* se iguala ao VPL quando este torna-se igual a zero. Em termos comparativos isso significa que o *Payback* corrigiu o investimento. Para o cálculo do valor presente utiliza-se a Equação 4:

$$\textit{Payback Descontado} = t - \frac{VPL_t}{VPL_{t+1}} \quad (4)$$

Sendo que:

VPL_t : valor presente no último ano negativo;

VPL_{t+1} : valor presente no primeiro ano positivo;

t : período do último valor negativo.

3 LEVANTAMENTO DOS DADOS DA FROTA DE ÔNIBUS DO TRANSPORTE PÚBLICO E DO POTENCIAL FOTOVOLTAICO DE CURITIBA

Este capítulo tem como objetivo contextualizar os dados que foram utilizados para a realização do estudo de viabilidade econômico-financeira da pesquisa. Foram coletados dados técnicos do sistema de transporte público de Curitiba e do potencial fotovoltaico do sistema instalado nos terminais e estações tubo. Para a realização dos cálculos utilizados na viabilidade econômico-financeira foram feitas cotações de preços para ambas as implantações (do SFVCR e da frota de ônibus).

3.1 SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA

O sistema de transporte público de Curitiba é reconhecido no mundo todo pela sua eficiência, principalmente quando o quesito é integração e organização. A integração do transporte coletivo proporciona ao usuário a possibilidade de utilizar várias linhas de ônibus com o pagamento de apenas uma passagem. Esta capacidade de locomoção do usuário pela cidade por um preço único é denominada pela URBS como Rede de Integração de Transporte Coletivo de Curitiba – RIT.

A RIT foi planejada para ser utilizada a partir dos terminais de integração, onde o usuário tem a possibilidade de fazer a baldeação sem a necessidade de um novo pagamento de tarifa, Figura 11.

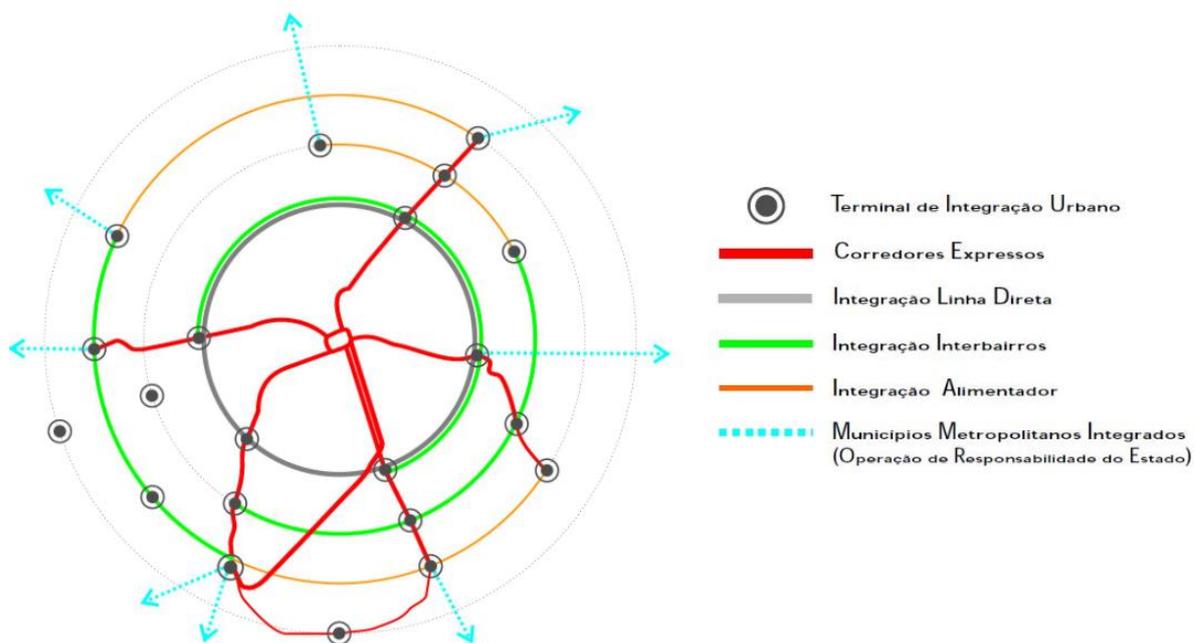


Figura 11 – Rede de Integração de Transporte Coletivo de Curitiba – RIT.

Fonte: Adaptado da URBS, 2018.

3.1.1 TERMINAIS

Os terminais de ônibus, que ajudam a compor o sistema de transporte público curitibano, também são conhecidos como terminais de integração, pois é a partir dessa estrutura que os usuários conseguem fazer a integração entre linhas do sistema, incluindo as linhas expressas, alimentadoras, interbairros e linha direta, como representado na Figura 12.

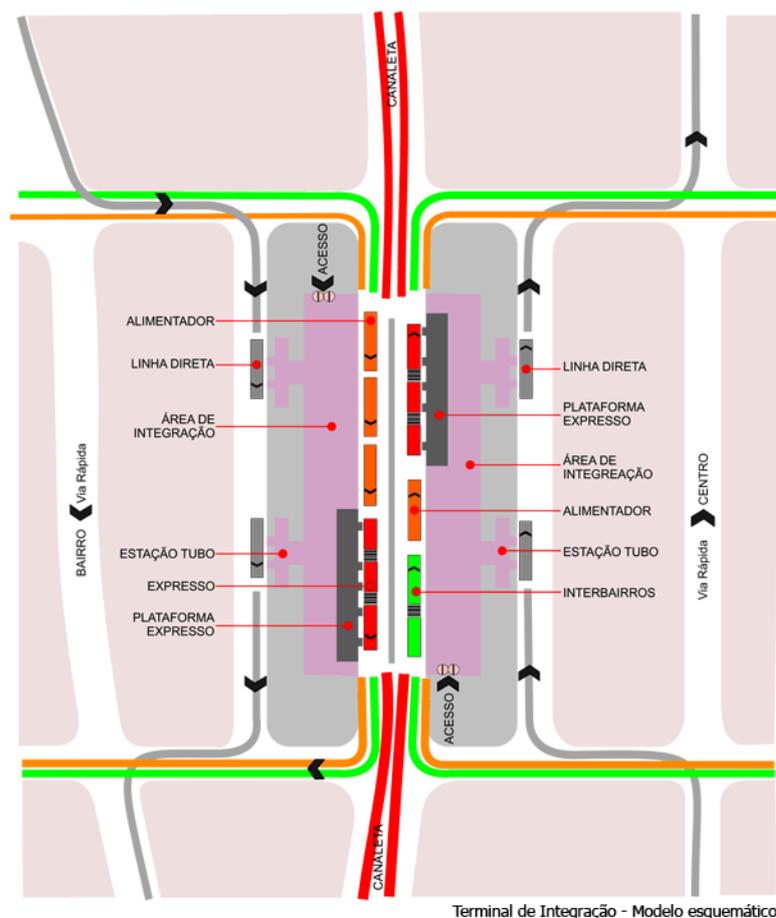


Figura 12 – Modelo Esquemático de um terminal de integração de Curitiba.

Fonte: URBS, 2018.

A Norma Brasileira Regulamentadora NBR 9283/86 – Mobiliário Urbano define elementos urbanos como bem público destinado à prestação de serviços necessários à cidade. Os terminais de ônibus de Curitiba podem ser caracterizados como elementos urbanos, pois além de prestar serviços à comunidade, geram crescimento econômico e social no seu entorno, atribuindo maior autonomia aos bairros. Além disso, os terminais abrigam espaços para comércio causando por um lado giro de capital e por outro, gastos de energia.

Os 21 terminais de Curitiba são responsáveis por consumir 223.228 kWh de energia elétrica por mês (URBS, 2018). Este valor foi considerado para a cotação de orçamentos do custo de instalação do SFVCR. É importante salientar que, para o estudo de viabilidade técnica em que esta pesquisa foi baseada, foi considerado que todos os terminais possuem a mesma área de cobertura. E para isso, foi definido um

terminal de integração base com as características que possibilitariam o êxito na implantação do SFVCR de forma eficiente. O terminal escolhido foi o Santa Cândida, localizado na região norte de Curitiba, Figura 13.



Figura 13 – Terminal Santa Cândida, Curitiba.

Fonte: URBS, 2018.

O Terminal Santa Cândida foi ampliado em 2018, se tornando um dos terminais mais modernos da RIT. Ele contempla lojas e espaços mais amplos para a circulação da frota de ônibus que atende a região. A área total do terminal é de 12,6 mil metros quadrados (URBS, 2018) e a área de cobertura é de aproximadamente de 4,9 metros quadrados. O levantamento da área de cobertura do terminal foi utilizado para contabilizar a quantidade de módulos fotovoltaicos que o terminal suportaria. Estes dados foram obtidos utilizando a ferramenta “Medir Distâncias” do *Google Maps*, como mostrado na Figura 14.

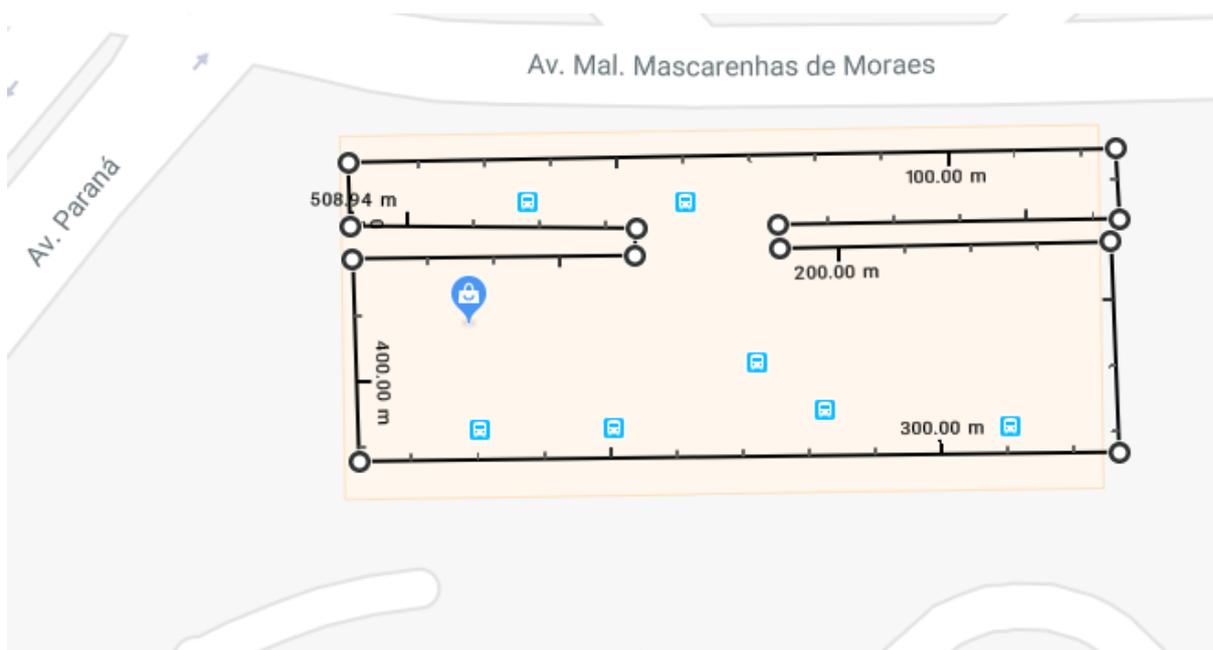


Figura 14 – Área de Cobertura do Terminal Santa Cândida.

Fonte: Adaptado do Google Maps, 2018.

Segundo Chaves, Hinata e Rodrigues Neto (2017), o terminal Santa Cândida possui um potencial fotovoltaico de 219,744 kWp e uma produtividade média anual estimada de 3.014,88 MWh. Para os 21 terminais, considerando que todos possuíssem a mesma área de cobertura, a produtividade média total anual seria de 63.312,48 MWh. Sendo que essa produtividade seria capaz de gerar uma economia anual de R\$ 40.863.773,97 para a prefeitura, considerando o valor da tarifa energética igual a R\$ 0,64543 por kWh do ano de 2016.

3.1.2 SISTEMA TRINÁRIO E ESTAÇÕES TUBO

O sistema viário de Curitiba é estruturado a partir de um Sistema Trinário de Vias, composto por eixos estruturais que visam o crescimento da cidade de maneira linear, organizando o fluxo de pessoas do centro da cidade para os bairros e vice-versa. Atualmente a estrutura viária da cidade é composta por 4 eixos principais: o Eixo Norte-Sul (St. Cândida – Centro – Pinheirinho), o Eixo Leste-Oeste (Capão da

Imbuia – Centro – Campo Comprido), o Eixo Boqueirão (Centro – Boqueirão), e o Eixo Circular Sul (Linha Verde), como mostrado na Figura 15.



Figura 15 – Estruturação Viária de Curitiba.

Fonte: URBS, 2018.

Os eixos estruturais são compostos por vias centrais e vias estruturais. As vias centrais são separadas em vias exclusivas destinada ao transporte coletivo e duas vias de tráfego lento, que permitem o acesso ao comércio e às residências. As vias estruturais são compostas por duas vias externas de tráfego rápido destinadas principalmente à veículos de passeio, uma no sentido centro-bairro e outra no sentido bairro-centro (IPPUC, 2018), como mostrado na Figura 16.

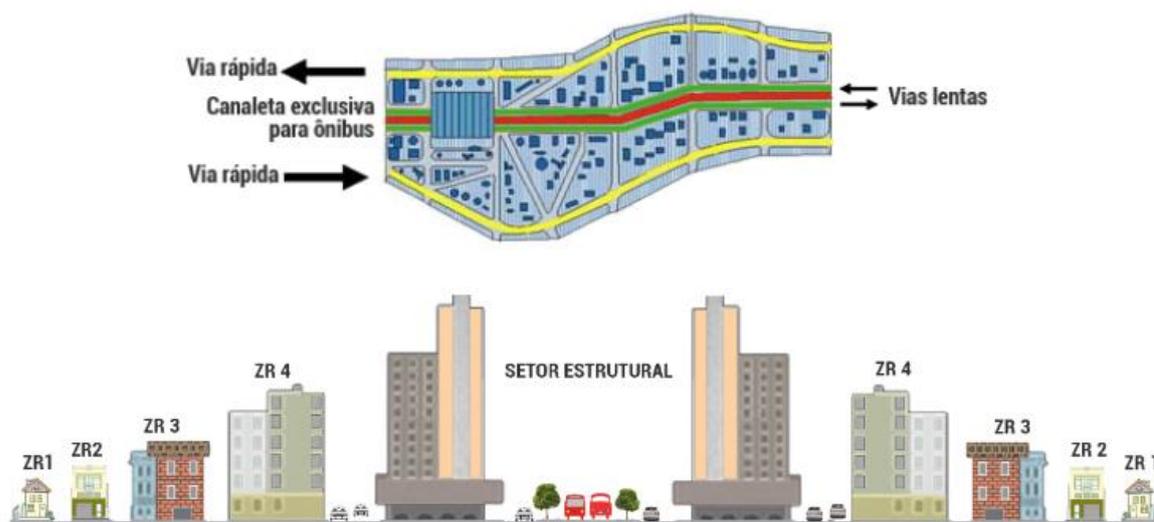


Figura 16 – Eixo Estrutural do Sistema Trinário de Vias de Curitiba.

Fonte: IPPUC, 2018.

As vias exclusivas, também chamadas de canaletas, são exclusivamente destinadas para a passagem dos ônibus. Os pontos de paradas dos veículos para embarque e desembarque dos passageiros são as estações tubo, como mostra a Figura 17. De acordo com a URBS, existem atualmente 329 estações tubo dispostas pela cidade, sendo que 189 delas estão localizadas nas vias exclusivas de ônibus.



Figura 17 – Estação tubo Gastão Câmara.

Fonte: Autoria própria, 2018.

As estações tubo possuem diversos tamanhos, pois elas suportam conexões com veículos de linhas e tamanhos diferentes. Desde a sua implantação, na década de 90, o projeto padrão das estações tubo foi adaptado para o tipo de veículo e para suportar o fluxo de pessoas. Hoje, as estações tubo se diferenciam em 9 tipos de estações, seguindo o projeto padrão base, como disposto nas Figuras 18 até 26.



Figura 18 – Estação Padrão para ônibus Ligeirinho.

Fonte: ANTP, 2015.

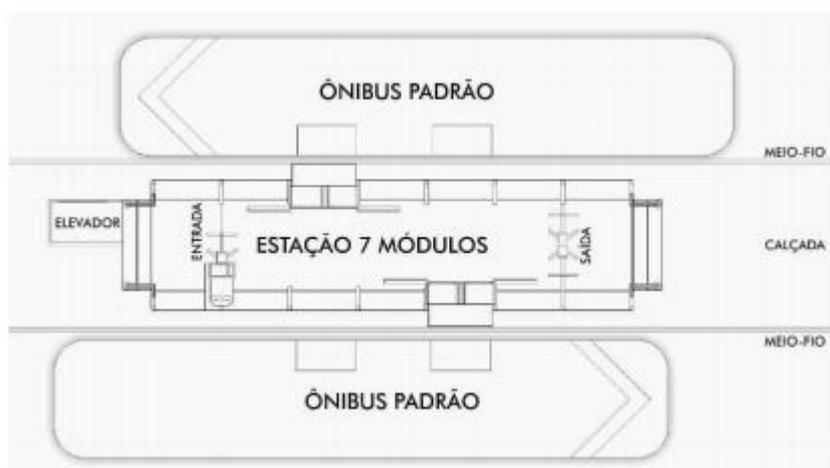


Figura 19 – Estação Duplo Ataque para ônibus Ligeirinho.

Fonte: ANTP, 2015.

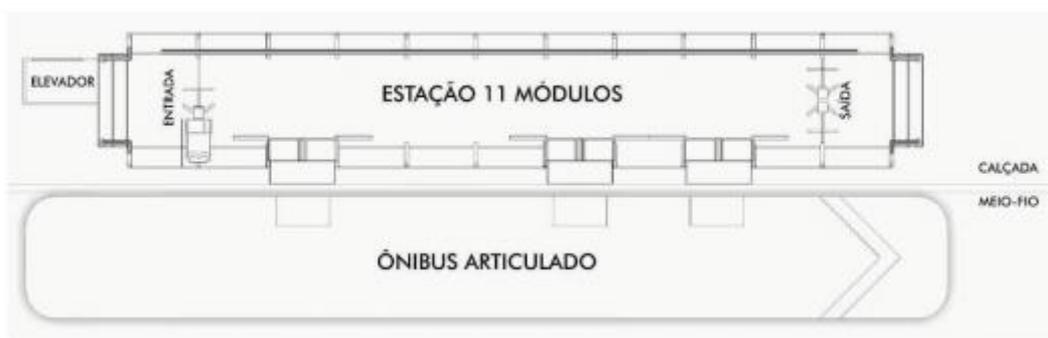


Figura 20 – Estação Padrão para ônibus Ligeirinho Articulado.

Fonte: ANTP, 2015.



Figura 21 – Estação Interligada para ônibus Ligeirinho Articulado.

Fonte: ANTP, 2015.

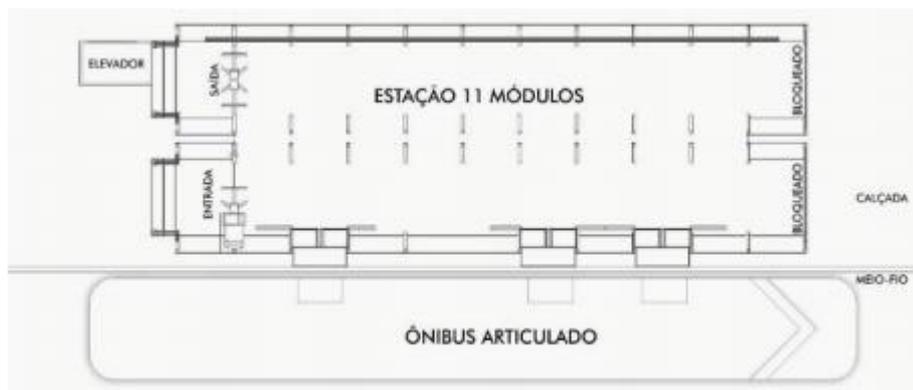


Figura 22 – Estação Dupla para ônibus Ligeirinho Articulado.

Fonte: ANTP, 2015.



Figura 23 – Estação Tipo 2 para ônibus Biarticulado.

Fonte: ANTP, 2015.

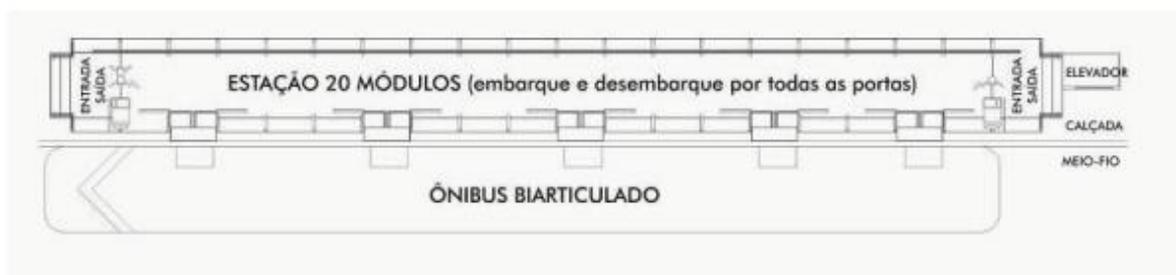


Figura 24 – Estação Tipo 6 para ônibus Biarticulado.

Fonte: ANTP, 2015.

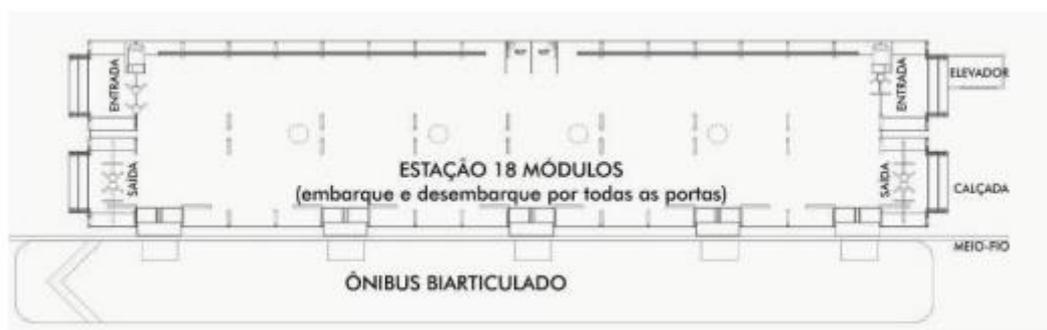


Figura 25 – Estação Tipo Rui Barbosa para ônibus Biarticulado.

Fonte: ANTP, 2015.



Figura 26 – Estação Padrão da Linha Verde.

Fonte: ANTP, 2015.

Do ponto de vista energético, as 329 estações tubo de Curitiba são responsáveis por consumir 59.645 kWh de energia elétrica por mês (URBS, 2018). Este valor foi considerado para a cotação de orçamentos do custo de instalação do SFVCR nas estações tubo.

Segundo Chaves, Hinata e Rodrigues Neto (2017), o potencial fotovoltaico médio e a produtividade média anual variam entre os 5 tipos de estações tubo localizadas nas vias exclusivas de ônibus, como mostra a Tabela 2. O total da produtividade média anual para as 189 é de 230,90 MWh, sendo que essa

produtividade seria capaz de gerar uma economia anual de R\$ 149.033,66 para a prefeitura, considerando o valor da tarifa energética igual a R\$ 0,64543 por kWh do ano de 2016.

Tabela 2 – Energia anual gerada estimada para as 189 estações tubo localizadas nas vias exclusivas.

Estação-tubo	Capacidade (kWp)	Energia gerada estimada (MWh)	Quantidade de estações	Energia anual geral estimada (MWh)
TIPO 01	0,81	0,81	144	117,64
TIPO 02	1,22	1,22	36	44,10
TIPO 03	3,40	3,40	2	6,80
TIPO 04	7,77	7,78	5	38,93
TIPO 05	11,69	11,71	2	23,42
TOTAL:				230,90

Fonte: Chaves, Hinata e Rodrigues Neto, 2017.

3.1.3 FROTA DE ÔNIBUS DE CURITIBA

A frota de veículos do sistema de transporte coletivo de Curitiba está em constante modernização. Para isso, testes dos mais diversos são realizados para tornar a frota mais tecnológica e sustentável, a fim de reduzir a emissão de gases poluentes causadores do efeito estufa além de gerar outros benefícios para a população curitibana, como a melhora da qualidade de vida em função da redução da poluição do ar e sonora, por exemplo.

Em Curitiba, a frota de ônibus do sistema de transporte coletivo é gerida pelas empresas que possuem as suas concessões juntamente com a URBS. São essas empresas que realizam as manutenções dos veículos e o levantamento dos dados referente à operação da frota. Caso a frota elétrica seja implantada será relevante para o estudo analisar onde cada tipo de veículo opera. Já que o desempenho e a quantidade de manutenções que os veículos irão precisar depende da qualidade do pavimento da via e do tipo da via.

Sendo assim, atualmente a frota de ônibus de Curitiba é composta por 1.226 veículos, sendo separada em 9 categorias: Expresso Ligeirão, Expresso, Linha Direta, Interbairros, Alimentador, Troncal, Convencional, Circular e Turismo. Estas categorias são subdivididas pelo tipo de ônibus, como: Biarticulado, Articulado, Padron, Híbrido, Comum, Micro Especial, Micro e Double Deck. Na Tabela 3 está disposta a relação do número de veículos que cada categoria contém com o total da frota.

Tabela 3 – Composição da frota do transporte público de Curitiba.

Categoria de Linhas	Tipos de Veículos	Frota Operante		Quantidade de Linhas
		Subtotal	Total	
Expresso Ligeirão	Biarticulado	44	44	3
Expresso	Biarticulado	97	127	5
	Articulado (20 m)	30		
Linha Direta	Articulado (18 m)	39	223	15
	Padron	184		
Interbairros	Articulado (18 m)	92	103	8
	Padron	1		
	Híbrido	10		
Alimentador	Articulado (18 m)	71	424	129
	Comum	324		
	Micro Especial	29		
Troncal	Articulado (18 m)	5	80	15
	Comum	62		
	Híbrido	10		
	Micro Especial	3		
Convencional	Comum	99	214	74
	Híbrido	10		
	Micro Especial	102		
	Micro	3		
Circular	Micro	5	5	1
Turismo	Double-Deck	6	6	1
Total		1226		251

Fonte: Adaptado da URBS, 2018.

Os veículos que compõe a frota do transporte coletivo curitibano são diferenciados por cores para facilitar a identificação da linha pelo usuário. Assim sendo, os veículos das categorias Expresso Ligeirão e Expresso são exclusivamente da cor

azul e vermelha, respectivamente; já os veículos da categoria Linha Direta, são exclusivamente da cor prata; os veículos da categoria Interbairros são exclusivamente da cor verde; os veículos da categoria Alimentador são exclusivamente da cor laranja; os veículos das categorias Troncal e Convencional são exclusivamente da cor amarelo; e os veículos da categoria Circular são exclusivamente da cor branca.

Os tipos de veículos também são definidos pelo fluxo de passageiros e pela região da cidade em que ele opera. Assim respeitando a estruturação urbana da cidade de Curitiba, como mostra a Figura 27.

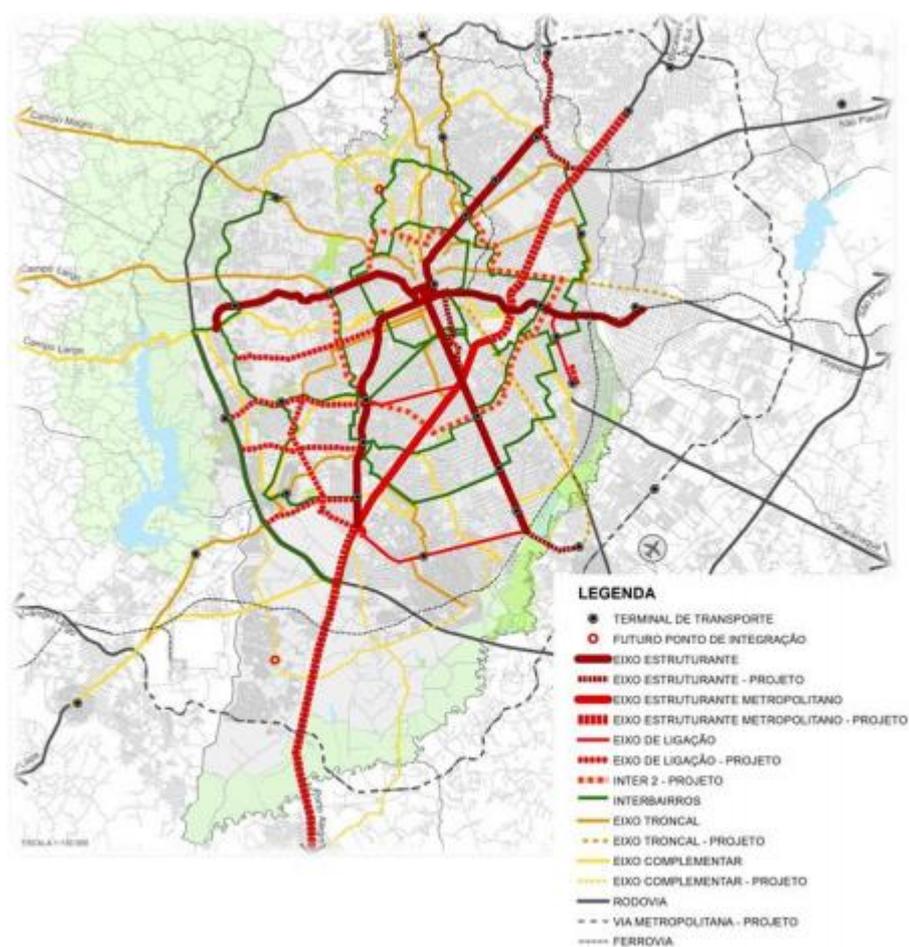


Figura 27 – Eixos de Estruturação do Transporte Coletivo.

Fonte: Prefeitura de Curitiba e IPPUC, 2015.

Desta maneira, têm-se: Expresso Ligeirão e Expresso operando nas vias exclusivas oferecendo deslocamentos mais rápidos para os passageiros; os veículos da categoria Linha Direta também fazem conexões com as estações tubo, mas sem utilizar as vias exclusivas e realizando menos paradas; os veículos da categoria Interbairros operam de forma anelar, com o intuito de facilitar o acesso entre os bairros sem a necessidade do passageiro se deslocar até o centro; os veículos da categoria Alimentador são os veículos que operam diretamente nos bairros da cidade e possuem conexões com os terminais de ônibus; os veículos das categorias Troncal e Convencional são veículos que operam no sentido do centro até os terminais e no sentido centro até os bairros (sem fazer conexão com os terminais), respectivamente; e os veículos da categoria Circular operam apenas no centro da cidade.

Para a análise de viabilidade econômico-financeira da substituição da frota com propulsão a diesel pela frota com propulsão a eletricidade foram excluídos do estudo os veículos da Linha Turismo e os veículos Híbridos das categorias Interbairros, Convencional e Troncal, como demonstrado na Tabela 4. Na análise foi considerado que os veículos híbridos não seriam substituídos, mas foi realizado um estudo comparativo utilizando o valor de compra do modelo, assim como o valor do custo do biodiesel.

Tabela 4 – Composição da frota de ônibus a ser substituída.

Categoria	Tipo	Subtotal	Total
Expresso Ligeirão	Biarticulado	44	44
Expresso	Biarticulado	97	127
	Articulado (20 m)	30	
Linha Direta	Articulado	39	223
	Padron	184	
Interbairros	Articulado (18 m)	92	93
	Padron	1	
Alimentador	Articulado (18 m)	71	424
	Comum	324	
	Micro Especial	29	
Troncal	Articulado (18 m)	5	70
	Comum	62	
	Micro Especial	3	
Convencional	Comum	99	204
	Micro Especial	102	
	Micro	3	
Circular	Micro	5	5
TOTAL DA FROTA		1190	1990

Fonte: Adaptado da URBS, 2018.

Em 2015, a URBS realizou uma análise comparativa entre quatro modelos de ônibus com diferentes tipos de propulsão. A propulsão a diesel, a propulsão híbrida (em paralelo e em série) e a propulsão elétrica. Os testes foram realizados em modelos já utilizados na operação do transporte coletivo de Curitiba e modelos que utilizam parcialmente e totalmente propulsão elétrica.

Para o veículo movido a diesel foi utilizado para o estudo um veículo da categoria de linhas Alimentador, Troncal e Convencional e do tipo Comum. A sua propulsão é realizada por combustão interna, que de acordo com Silva (2006) é a transformação da energia química do combustível fóssil em calor e este é transformado em trabalho mecânico, oferecendo movimento ao veículo.

No estudo comparativo foram utilizados dois tipos de Veículos Híbridos, o Híbrido em paralelo e o Híbrido em série. A principal diferença entre eles é que o Híbrido em paralelo utiliza o motor elétrico para dar o arranque (VOLVO, 2015) e o

Híbrido em série utiliza o motor de combustão interna (LOPES, 2008), que ativa o gerador e desta maneira aciona o motor elétrico (NONATO, 2008). Para o estudo de viabilidade econômico-financeira só foram utilizados os dados necessários do Veículo Híbrido em paralelo, pois seria mais interessante renovar a frota por ônibus que já são operados pela cidade, que é o caso dos Veículos Híbridos da categoria das linhas Interbairros, Troncal e Convencional, como o exemplo da Figura 28.



Figura 28 – Veículo Híbrido em paralelo das categorias Interbairros e Convencional.

Fonte: URBS, 2018.

O veículo elétrico testado possui combustão 100% elétrica e as suas dimensões são similares aos outros veículos, ou seja, dimensões do modelo Padron. De acordo com as especificações técnicas da fabricante, o consumo de energia é 75% menor que o veículo de combustão a diesel, com as vantagens de ser silencioso e menos poluente (URBS, 2018).

Para o estudo de viabilidade financeira entre os três modelos de propulsão foi necessário a comparação de custo de aquisição inicial parcelado dos veículos, seu consumo de energia ou combustível e gastos com manutenção ao longo da vida econômica do veículo. Contudo, o estudo de análise de custos das frotas considerou um período total de investimento de 25 anos, que é o mesmo período de investimento do SFVCR.

Os valores de compra dos veículos movido a diesel foram disponibilizados pela URBS, assim como o valor do veículo híbrido tipo Padron. A partir do custo de aquisição do veículo híbrido foi possível estimar o valor do restante da frota híbrida utilizando um coeficiente de majoração igual a 1,6.

Para a frota de veículos elétricos foi realizada uma pesquisa de preços com alguns fornecedores e pesquisas em meios digitais e conseguiu uma média de valores entorno de R\$ 1 milhão para aquisição de veículos do tipo Padron. Segundo Maluf Filho (2016), o custo de aquisição de um veículo elétrico pode variar entre 70% a 150% em comparação com o custo de aquisição de um veículo diesel. A partir disso foi definido um valor de majoração igual a 2,1 em relação a frota movida a diesel para estimar os valores de aquisição da frota elétrica, como mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Preço de compra por modelo de propulsão.

Tipo de Veículo	Preço de Compra Mod. Diesel (R\$)	Preço de Compra Mod. Híbrido (R\$)	Preço de Compra Mod. Elétrico (R\$)
Micro	R\$ 158.632,00	R\$ 412.443,20	R\$ 491.759,20
Micro Especial	R\$ 238.000,00	R\$ 618.800,00	R\$ 737.800,00
Comum	R\$ 334.000,00	R\$ 868.400,00	R\$ 1.035.400,00
Padron	R\$ 332.122,22	R\$ 863.517,77	R\$ 1.029.578,88
Articulado 18 m	R\$ 712.000,00	R\$ 1.851.200,00	R\$ 2.207.200,00
Articulado 20 m	R\$ 732.737,86	R\$ 1.905.118,44	R\$ 2.271.487,37
Biarticulado	R\$ 1.302.000,00	R\$ 3.385.200,00	R\$ 4.036.200,00

Fonte: Autoria própria, 2018.

Para a estimativa do custo de aquisição foi necessário utilizar a vida econômica dos veículos e as taxas de juros para aquisição de cada modelo. De acordo com a Câmara Municipal de Curitiba – CMC (2013) a idade média econômica da frota deve ser de 5 anos, não ultrapassando o prazo da vida útil do veículo, que para Curitiba é de 10 anos. Para a análise de custos de todas as modalidades foi considerado um tempo de vida útil igual a 10 anos, no entanto sabe-se que para veículos híbridos e elétricos a vida útil é maior, chegando a ser de 12 anos para veículos híbridos e de 20 anos para veículos elétricos (C40, 2013; URBS, 2016), como mostrado na Tabela 6.

Tabela 6 – Variáveis econômico-financeiras das três modalidades da frota.

Tipos de Veículos	Ônibus Diesel	Ônibus Híbrido	Ônibus Elétrico
Período (meses)	60	60	60
Taxa de Juros (% a.m.)	0,60%	0,25%	0,60%

Fonte: Autoria própria, 2018.

Ainda na Tabela 6 estão as taxas de juros utilizadas para cada modelo de veículo. De acordo com o FINAME (2018), a taxa de juros para compra de ônibus é de 0,60% ao mês (ou 7,28% ao ano) para veículos a diesel, foi considerado o mesmo valor para os veículos elétricos, pois ainda não são produzidos em território nacional. E para veículos híbridos a taxa de juros é de 0,25% ao mês (ou 3% ao ano), pois possui taxa de juros de caráter preferencial (MALUF FILHO, 2016).

A partir do custo inicial de compra dos veículos e das taxas para cada modalidade foi calculado o valor da prestação para uma unidade através da Equação 5, para o período de 60 meses. Para o custo da bateria foi considerado o valor de investimento igual ao do veículo elétrico assim como o seu período de troca.

$$PMT = FC \frac{i*(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (5)$$

Sendo que:

PMT: valor da prestação;

FC: valor de aquisição do veículo;

i: taxa de juros mensal;

n: quantidade de meses.

O consumo de combustível ou energia que um veículo consome depende do seu rendimento, da distância percorrida e do custo do combustível e energia. O rendimento médio de cada tipo de ônibus também foi fornecido pela URBS (2018) e é o valor médio dado em licitação. Para a compensação do rendimento, Maluf Filho (2016) considera que o veículo híbrido possui um rendimento de 30% maior que o

veículo a diesel. E para o veículo elétrico o rendimento chega a ser 80% maior que o mesmo tipo de veículo da frota movida a diesel, como mostrado Tabela 7.

Tabela 7 – Rendimento dos diferentes modelos de veículos.

Tipo de Veículo	Ônibus Diesel	Ônibus Híbrido	Ônibus Elétrico
Micro	0,230662327	0,299861025	0,415192189
Micro Especial	0,31248335	0,406228355	0,56247003
Comum	0,360021867	0,468028427	0,648039361
Padron	0,540953697	0,703239806	0,973716655
Articulado 18 m	0,762437277	0,99116846	1,372387099
Articulado 20 m	0,762437277	0,99116846	1,372387099
Biarticulado	0,908840587	1,181492763	1,635913057

Fonte: Autoria própria, 2018.

A distância percorrida total da frota para cada tipo de veículo foi obtida através do Relatório Mensal de Maio de 2016, disponibilizado pela URBS (2016) e adaptado por Pereira, Juniorz e Gadda (2018), como mostra a Tabela 8.

Tabela 8 – Distância percorrida total da frota por dia.

Tipo de Veículo	Distância Percorrida (km/dia)
Micro	1.160,75
Micro Especial	25.228,91
Comum	94.653,66
Padron	33.288,68
Articulado 18 m	41.001,09
Articulado 20 m	6.272,04
Biarticulado	26.273,57

Fonte: Adaptado de URBS e Pereira, Juniorz e Gadda, 2018.

A Tabela 9 mostra os valores do custo do diesel utilizado nos veículos de combustão interna e do biodiesel utilizado nos veículos híbridos, esses valores foram disponibilizados pela URBS em 2018, sendo que o valor do diesel possui desconto do ICMS. O valor do custo da energia elétrica foi disponibilizado pela Companhia Paranaense de Energia – COPEL em 2018 para a tarifa convencional do Subgrupo B3 para repartições públicas, como mostra a Figura 29.

Tabela 9 – Custo do combustível e de energia utilizados para o abastecimento dos veículos.

Tipos de Veículos	Ônibus Diesel	Ônibus Híbrido	Ônibus Elétrico
Custo do Diesel (R\$/l) e Energia Elétrica (R\$/kWh)	R\$ 2,1129	R\$ 2,9807	R\$ 0,768970

Fonte: Autoria própria, 2018.

CONVENCIONAL	Resolução ANEEL N° 2.402, de 19 de junho de 2018	
Tarifa em R\$/kWh	Resolução ANEEL(*)	com Impostos: ICMS e PIS/COFINS
B3 - Demais Classes	0,50752	0,76897
Vigência em 24/06/2018		

Figura 29 – Tarifa da energia elétrica.

Fonte: Copel, 2018.

Portanto, o consumo anual total da frota por categoria de veículo e modelo de propulsão estão dispostos na Tabela 10.

Tabela 10 – Consumo dos veículos por ano.

Tipo de Veículo	Ônibus Diesel (l/ano)	Ônibus Híbrido (l/ano)	Ônibus Elétrico (MWh/ano)
Micro	64.257,91	64.257,91	645,41
Micro Especial	1.892.067,44	1.892.067,44	19.003,93
Comum	8.178.572,97	8.178.572,97	82.145,59
Padron	4.321.832,28	4.321.832,28	43.408,48
Articulado 18 m	7.502.582,26	7.502.582,26	75.355,94
Articulado 20 m	1.147.688,90	1.147.688,90	11.527,39
Biarticulado	5.730.836,83	5.730.836,83	57.560,53

Fonte: Autoria própria, 2018.

Segundo Maluf Filho (2016), os custos de manutenção para os veículos são mais vantajosos para os veículos elétricos ao longo do tempo em comparação com os outros modelos. Maluf Filho (2016) ainda sugere que os custos com manutenção possuem um valor médio de R\$0,40 por quilômetro para veículos a diesel, de R\$0,65 por quilômetro para veículos híbridos e de R\$0,30 por quilômetro para veículos elétricos, como mostra a Tabela 11.

Tabela 11 – Custos com manutenção e peças por quilômetro rodado para cada modelo de veículo.

Tipos de Veículos	Ônibus Diesel	Ônibus Híbrido	Ônibus Elétrico
Custo com Manutenção e Peças (R\$/km)	R\$ 0,40	R\$ 0,65	R\$ 0,30

Fonte: Autoria própria, 2018.

De acordo com Maluf Filho (2016), ao final dos 10 anos de contrato os veículos elétricos e suas baterias não precisam ser renovados, o que difere dos veículos de propulsão à diesel e híbrido. Pela necessidade de se manter a média de vida econômica da frota em 5 anos para ambos os modelos, sugere-se que no sexto ano de contrato a frota movida a diesel seja renovada em 100%, a frota híbrida seja renovada em 70% e a frota elétrica seja renovada apenas no vigésimo ano de investimento.

A partir disso foi composta a Tabela 12, que contém a simulação da frota que deverá ser adquirida no 6º ano e no 16º ano de contrato. Para os 1º e 10º anos de contrato foi considerado que a frota a diesel e híbrida seriam renovadas em sua totalidade. No 20º ano de contrato todas as frotas seriam renovadas, incluindo a elétrica.

Tabela 12 – Renovação da frota no período de 25 anos de contrato.

Tipo de Veículo	Frota nos Anos 1, 10 e 20			Frota nos Anos 6 e 16		
	Ônibus Diesel	Ônibus Híbrido	Ônibus Elétrico*	Ônibus Diesel	Ônibus Híbrido	Ônibus Elétrico
Micro	8	8	8	8	6	0
Micro Especial	134	134	134	134	94	0
Comum	485	485	485	485	340	0
Padron	185	185	185	185	130	0
Articulado 18 m	207	207	207	207	145	0
Articulado 20 m	30	30	30	30	21	0
Biarticulado	141	141	141	141	99	0

Fonte: Autoria própria, 2018.

* A frota de veículos elétricos só será renovada no 20º ano de contrato.

4 ANÁLISE ECONÔMICO – FINANCEIRA

Neste capítulo estão dispostos os resultados da análise econômico-financeira da substituição da frota de ônibus e da instalação do SFVCR.

4.1 FROTA DE ÔNIBUS

Para o cálculo dos custos envolvidos para a análise da substituição da frota movida a diesel por uma frota híbrida ou elétrica foi realizado um estudo comparativo de financiamento ao longo de 25 anos, que foi o prazo utilizado para o financiamento do SFVCR. Como os custos mudam ao longo dos 25 anos devido a quantidade da frota a ser renovada, optou-se por separar os cálculos em dois tópicos denominados “Situação 1” e “Situação 2” para melhor compreensão dos resultados.

Na Situação 1 serão demonstrados os resultados obtidos para os seguintes períodos: 1º ao 5º ano, no 11º ao 15º ano e no 21º ao 25º ano. E na Situação 2 serão demonstrados os resultados obtidos para os seguintes períodos: 6º ao 10º ano e no 16º ao 20º ano. No final serão somados os custos totais em cada período para obter os resultados ao final dos 25 anos.

Dessa maneira considerou-se a substituição da frota a diesel por quatro vezes nesse período, e a frota híbrida por quatro vezes, em 70% da frota desta no ano 6 e 16 e em 100% no ano 11 e 21. Considerou-se ainda que a frota elétrica seria substituída apenas uma vez no início do 21º ano, como mostra o Gráfico 1.

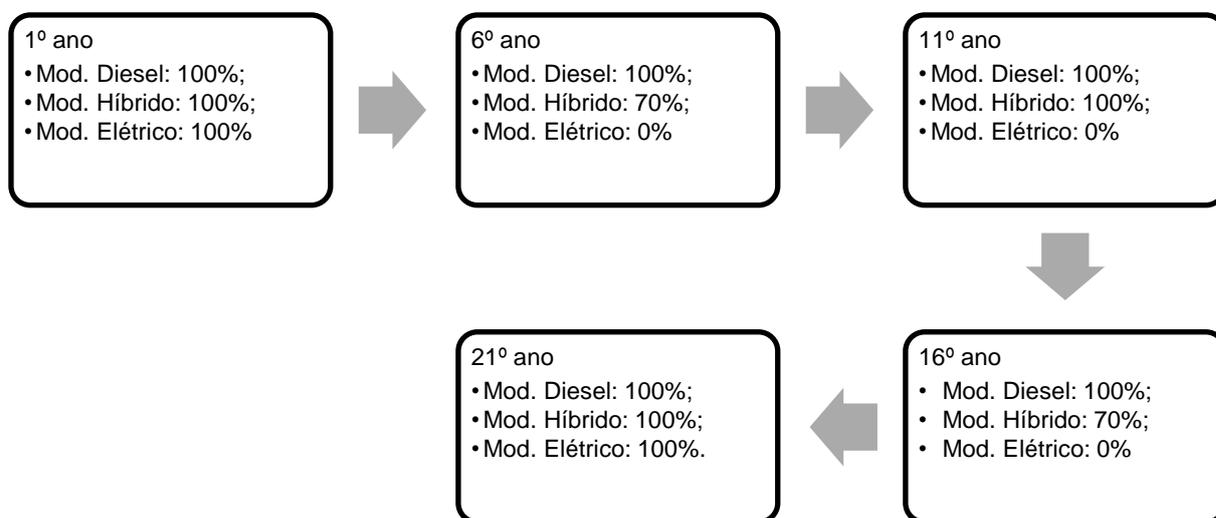


Gráfico 1 – Substituição da frota de ônibus.

Fonte: Autoria própria, 2018.

4.1.1 SITUAÇÃO 1

O cálculo do valor da prestação mensal para os 60 meses foi realizado para os três modelos de propulsão (diesel, híbrido e elétrico), considerando as taxas de juros para cada modelo, como mostra a Tabela 13 e no Gráfico 2.

Tabela 13 – Valor da prestação unitária mensal.

Tipo de Veículo	Ônibus Diesel	Ônibus Híbrido	Ônibus Elétrico	Bateria
Micro	R\$ 3.066,80	R\$ 7.411,06	R\$ 9.783,89	R\$ 9.783,89
Micro Especial	R\$ 4.735,18	R\$ 11.119,03	R\$ 14.679,04	R\$ 14.679,04
Comum	R\$ 6.645,16	R\$ 15.604,01	R\$ 20.600,00	R\$ 20.600,00
Padron	R\$ 6.607,80	R\$ 15.516,28	R\$ 20.484,19	R\$ 20.484,19
Articulado 18 m	R\$ 14.165,73	R\$ 33.263,64	R\$ 43.913,78	R\$ 43.913,78
Articulado 20 m	R\$ 14.578,33	R\$ 34.232,48	R\$ 45.192,82	R\$ 45.192,82
Biarticulado	R\$ 25.904,19	R\$ 60.827,61	R\$ 80.303,00	R\$ 80.303,00

Fonte: Autoria própria, 2018.

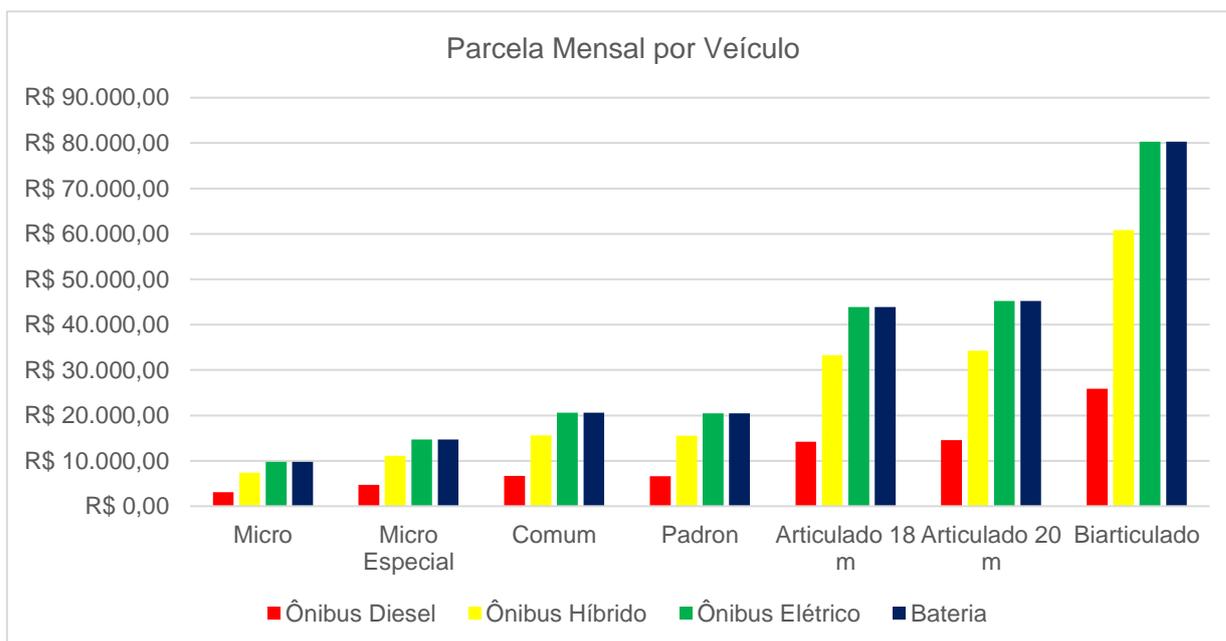


Gráfico 2 – Parcela mensal por tipo de veículo e por modelo de propulsão.

Fonte: Autoria própria, 2018.

O valor da prestação foi calculado inicialmente para uma unidade de cada tipo de veículo, sendo que ao longo do capítulo será multiplicado pela quantidade total de veículos da frota. Para o custo da bateria foi considerado o valor de investimento igual ao do veículo elétrico.

Os custos considerados para o cálculo de investimento foram os custos com combustível (diesel e biodiesel) e energia elétrica utilizados pelos veículos a partir da distância percorrida mensalmente, como mostrado na Tabela 14 e no Gráfico 3.

Tabela 14 – Custo mensal com combustível e energia elétrica.

Tipo de Veículo	Ônibus Diesel	Ônibus Híbrido	Ônibus Elétrico
Micro	R\$ 2.121,41	R\$ 3.890,53	R\$ 1.389,72
Micro Especial	R\$ 3.729,24	R\$ 6.839,17	R\$ 2.443,00
Comum	R\$ 4.453,74	R\$ 8.167,84	R\$ 2.917,61
Padron	R\$ 6.170,00	R\$ 11.315,35	R\$ 4.041,92
Articulado 18 m	R\$ 9.572,59	R\$ 17.555,45	R\$ 6.270,94
Articulado 20 m	R\$ 10.103,97	R\$ 18.529,96	R\$ 6.619,04
Biarticulado	R\$ 10.734,65	R\$ 19.686,59	R\$ 7.032,19

Fonte: Autoria própria, 2018.

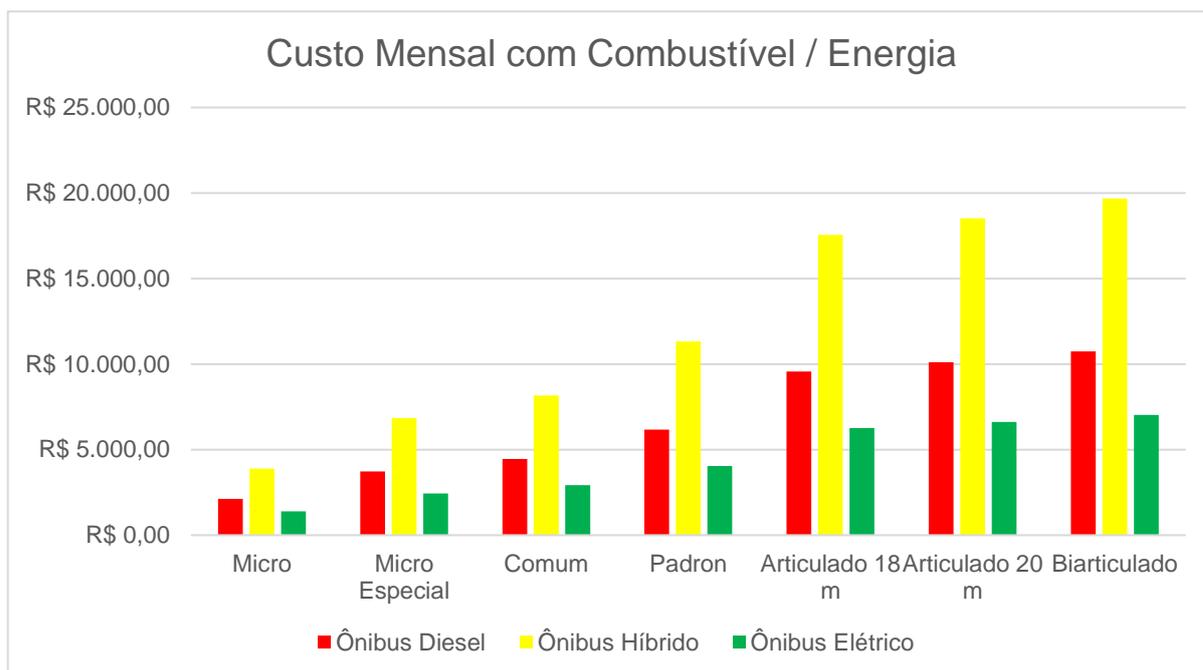


Gráfico 3 – Custo mensal com combustível e energia por tipo de veículo e por modelo de propulsão.

Fonte: Autoria própria, 2018.

Para o custo mensal com manutenção foi utilizado o valor do combustível ou energia e a distância mensal percorrida pelos veículos. Com isso, foi composta a Tabela 15 e o Gráfico 4, com os custos de manutenção para cada modelo de veículo e cada tipo de linha.

Tabela 15 – Custos com manutenção e peças por mês.

Tipo de Veículo	Ônibus Diesel	Ônibus Híbrido	Ônibus Elétrico
Micro	R\$ 1.741,13	R\$ 2.829,33	R\$ 1.305,84
Micro Especial	R\$ 2.259,31	R\$ 3.671,37	R\$ 1.694,48
Comum	R\$ 2.341,95	R\$ 3.805,66	R\$ 1.756,46
Padron	R\$ 2.159,27	R\$ 3.508,81	R\$ 1.619,45
Articulado 18 m	R\$ 2.376,87	R\$ 3.862,42	R\$ 1.782,66
Articulado 20 m	R\$ 2.508,82	R\$ 4.076,83	R\$ 1.881,61
Biarticulado	R\$ 2.236,05	R\$ 3.633,58	R\$ 1.677,04

Fonte: Autoria própria, 2018.

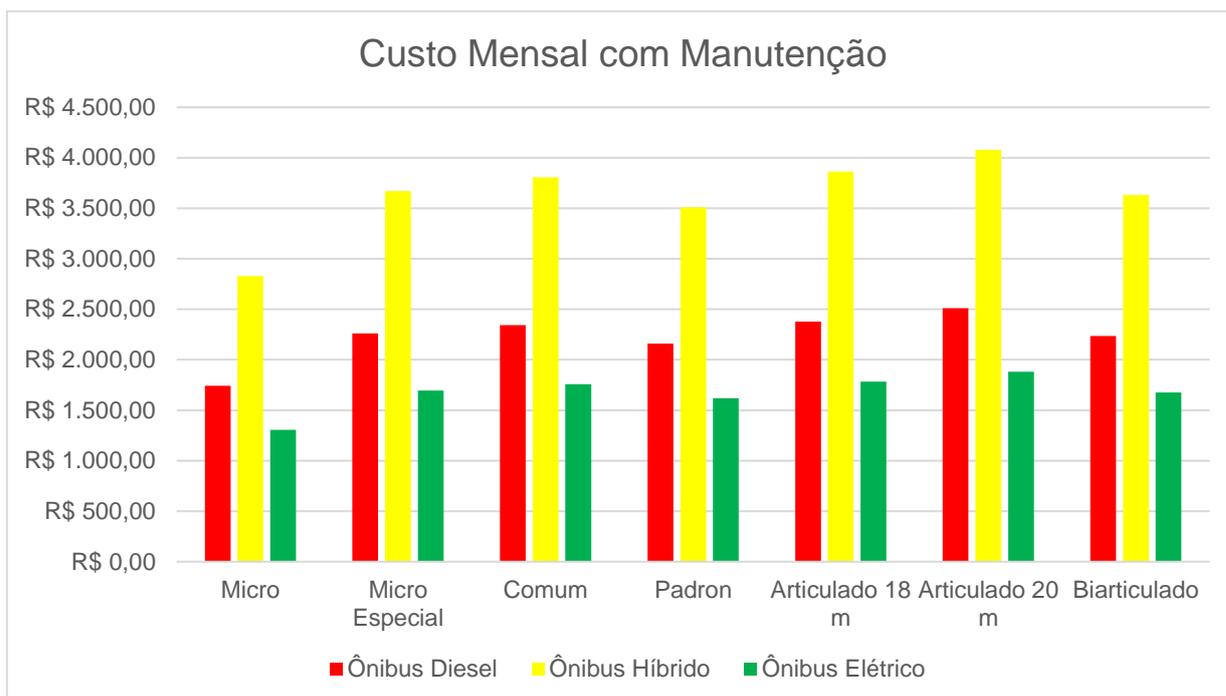


Gráfico 4 – Custo mensal com manutenção por tipo de veículo e por modelo de propulsão.

Fonte: Autoria própria, 2018.

O custo mensal unitário foi obtido a partir da soma do valor mensal da prestação do financiamento, dos custos mensais com combustível ou energia e dos custos mensais com manutenção, como mostrado na Tabela 16 e no Gráfico 5.

Tabela 16 – Custo mensal total unitário.

Tipo de Veículo	Ônibus Diesel	Ônibus Híbrido	Ônibus Elétrico	Bateria
Micro	R\$ 6.929,34	R\$ 14.130,92	R\$ 12.479,46	R\$ 9.783,89
Micro Especial	R\$ 10.723,72	R\$ 21.629,57	R\$ 18.816,52	R\$ 14.679,04
Comum	R\$ 13.440,85	R\$ 27.577,52	R\$ 25.274,08	R\$ 20.600,00
Padron	R\$ 14.937,07	R\$ 30.340,44	R\$ 26.145,56	R\$ 20.484,19
Articulado 18 m	R\$ 26.115,20	R\$ 54.681,52	R\$ 51.967,37	R\$ 43.913,78
Articulado 20 m	R\$ 27.191,11	R\$ 56.839,27	R\$ 53.693,47	R\$ 45.192,82
Biarticulado	R\$ 38.874,89	R\$ 84.147,78	R\$ 89.012,23	R\$ 80.303,00
TOTAL UNITÁRIO POR MODELO	R\$ 138.212,18	R\$ 289.347,01	R\$ 277.388,69	R\$ 234.956,72

Fonte: Autoria própria, 2018.

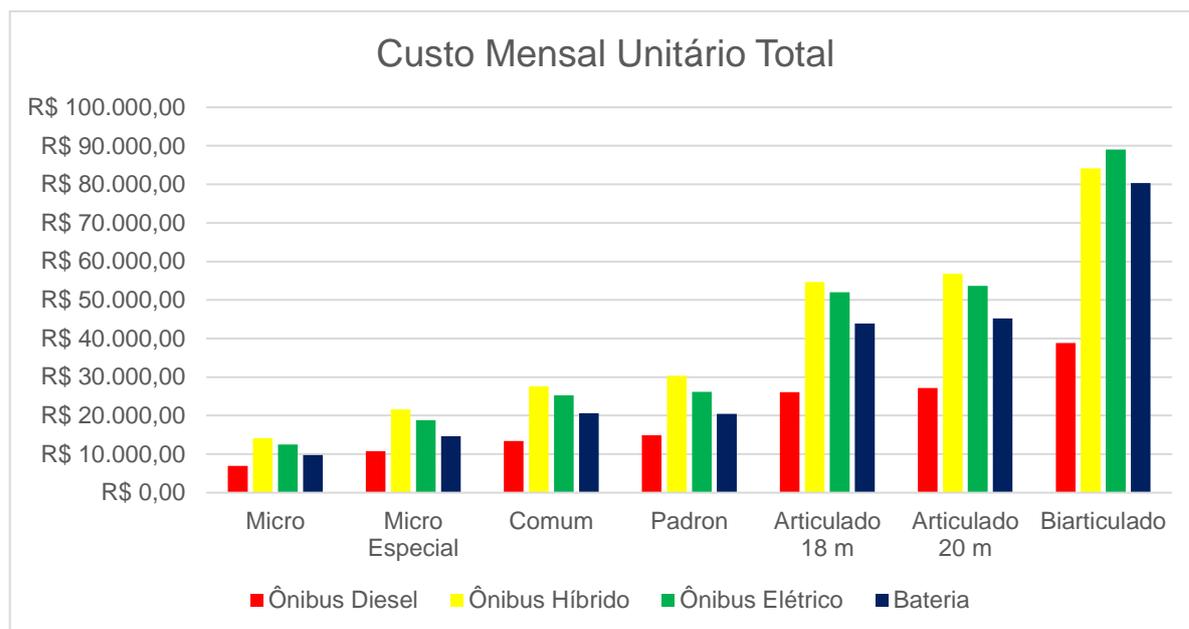


Gráfico 5 – Custo mensal unitário total por tipo de veículo e por modelo de propulsão.

Fonte: Autoria própria, 2018.

A partir do custo mensal total unitário obteve-se o custo anual unitário, considerando o custo da bateria juntamente com o custo do veículo elétrico, como mostrado na Tabela 17.

Tabela 17 – Custo anual unitário.

Tipo de Veículo	Ônibus Diesel	Ônibus Híbrido	Ônibus Elétrico
Micro	R\$ 83.152,09	R\$ 169.571,01	R\$ 267.160,20
Micro Especial	R\$ 128.684,69	R\$ 259.554,81	R\$ 401.946,81
Comum	R\$ 161.290,17	R\$ 330.930,21	R\$ 550.488,93
Padron	R\$ 179.244,81	R\$ 364.085,23	R\$ 559.556,97
Articulado 18 m	R\$ 313.382,37	R\$ 656.178,18	R\$ 1.150.573,76
Articulado 20 m	R\$ 326.293,33	R\$ 682.071,28	R\$ 1.186.635,46
Biarticulado	R\$ 466.498,72	R\$ 1.009.773,40	R\$ 2.031.782,85
TOTAL UNITÁRIO POR MODELO	R\$ 1.658.546,18	R\$ 3.472.164,13	R\$ 6.148.144,98

Fonte: Autoria própria, 2018.

O custo total a ser pago por cada tipo de veículo foi obtido para cada modelo de propulsão no final dos 5 anos, estes valores estão expostos na Tabela 18.

Tabela 18 – Custo total no final do período dos 5 anos.

Tipo de Veículo	Ônibus Diesel	Ônibus Híbrido	Ônibus Elétrico
Micro	R\$ 415.760,44	R\$ 847.855,06	R\$ 1.335.800,98
Micro Especial	R\$ 643.423,47	R\$ 1.297.774,06	R\$ 2.009.734,07
Comum	R\$ 806.450,83	R\$ 1.654.651,05	R\$ 2.752.444,66
Padron	R\$ 896.224,06	R\$ 1.820.426,15	R\$ 2.797.784,83
Articulado 18 m	R\$ 1.566.911,86	R\$ 3.280.890,91	R\$ 5.752.868,81
Articulado 20 m	R\$ 1.631.466,66	R\$ 3.410.356,40	R\$ 5.933.177,31
Biarticulado	R\$ 2.332.493,59	R\$ 5.048.867,01	R\$ 10.158.914,24
TOTAL UNITÁRIO POR MODELO	R\$ 8.292.730,91	R\$ 17.360.820,65	R\$ 30.740.724,89

Fonte: Autoria própria, 2018.

4.1.2 SITUAÇÃO 2

Para a Situação 2, foram retirados dos cálculos os custos de prestação do veículo elétrico pois nenhum veículo foi comprado. Os custos que restam são os custos com manutenção e combustível da frota já comprada, somados ao custo de renovação das baterias, que tem vida útil de 5 anos. Os valores do custo unitário mensal para cada tipo de veículo estão dispostos na Tabela 19.

Tabela 19 – Custo mensal total unitário.

Tipo de Veículo	Ônibus Diesel	Ônibus Híbrido	Ônibus Elétrico
Micro	R\$ 6.929,34	R\$ 14.130,92	R\$ 12.479,46
Micro Especial	R\$ 10.723,72	R\$ 21.629,57	R\$ 18.816,52
Comum	R\$ 13.440,85	R\$ 27.577,52	R\$ 25.274,08
Padron	R\$ 14.937,07	R\$ 30.340,44	R\$ 26.145,56
Articulado 18 m	R\$ 26.115,20	R\$ 54.681,52	R\$ 51.967,37
Articulado 20 m	R\$ 27.191,11	R\$ 56.839,27	R\$ 53.693,47
Biarticulado	R\$ 38.874,89	R\$ 84.147,78	R\$ 89.012,23
TOTAL UNITÁRIO POR MODELO	R\$ 138.212,18	R\$ 289.347,01	R\$ 277.388,69

Fonte: Autoria própria, 2018.

A partir do custo mensal total unitário obteve-se o custo anual unitário para cada modelo de propulsão e cada tipo de veículo, Tabela 20.

Tabela 20 – Custo anual unitário.

Tipo de Veículo	Ônibus Diesel	Ônibus Híbrido	Ônibus Elétrico
Micro	R\$ 83.152,09	R\$ 169.571,01	R\$ 149.753,50
Micro Especial	R\$ 128.684,69	R\$ 259.554,81	R\$ 225.798,29
Comum	R\$ 161.290,17	R\$ 330.930,21	R\$ 303.288,90
Padron	R\$ 179.244,81	R\$ 364.085,23	R\$ 313.746,72
Articulado 18 m	R\$ 313.382,37	R\$ 656.178,18	R\$ 623.608,43
Articulado 20 m	R\$ 326.293,33	R\$ 682.071,28	R\$ 644.321,63
Biarticulado	R\$ 466.498,72	R\$ 1.009.773,40	R\$ 1.068.146,81
TOTAL UNITÁRIO POR MODELO	R\$ 1.658.546,18	R\$ 3.472.164,13	R\$ 3.328.664,28

Fonte: Autoria própria, 2018.

Portanto, ao final dos 5 anos obteve-se os custos totais unitários, como mostra a Tabela 21.

Tabela 21 – Custo total no final do período de 5 anos.

Tipo de Veículo	Ônibus Diesel	Ônibus Híbrido	Ônibus Elétrico
Micro	R\$ 415.760,44	R\$ 847.855,06	R\$ 748.767,52
Micro Especial	R\$ 643.423,47	R\$ 1.297.774,06	R\$ 1.128.991,45
Comum	R\$ 806.450,83	R\$ 1.654.651,05	R\$ 1.516.444,51
Padron	R\$ 896.224,06	R\$ 1.820.426,15	R\$ 1.568.733,60
Articulado 18 m	R\$ 1.566.911,86	R\$ 3.280.890,91	R\$ 3.118.042,15
Articulado 20 m	R\$ 1.631.466,66	R\$ 3.410.356,40	R\$ 3.221.608,14
Biarticulado	R\$ 2.332.493,59	R\$ 5.048.867,01	R\$ 5.340.734,03
TOTAL UNITÁRIO POR MODELO	R\$ 8.292.730,91	R\$ 17.360.820,65	R\$ 16.643.321,41

Fonte: Autoria própria, 2018.

4.1.3 CUSTO TOTAL AO FINAL DOS 25 ANOS

A partir da análise dos resultados ao final dos 5 anos para cada situação (Situação 1 e 2), observou-se que a frota elétrica (considerando a compra de um ônibus por tipo de veículo) obteve um custo superior aos outros modelos de propulsão, como mostrado na Tabela 22.

Tabela 22 – Custo unitário total no final do período de 5 anos.

Situação	Ônibus Diesel	Ônibus Híbrido	Ônibus Elétrico
1	R\$ 8.292.730,91	R\$ 17.360.820,65	R\$ 30.740.724,89
2	R\$ 8.292.730,91	R\$ 12.152.574,46	R\$ 16.643.321,41

Fonte: Autoria própria, 2018.

O fato do custo da frota elétrica obtido ao final das duas Situações ser superior aos outros modelos de propulsão pode estar relacionado a dois fatores, o valor de aquisição do veículo e o valor de aquisição da bateria. Sendo que o valor de aquisição do ônibus elétrico pode custar 2,1 vezes sobre o valor de aquisição de um veículo a diesel. E em relação ao valor de aquisição da bateria, que por sua vez pode variar de acordo com o fabricante e a tecnologia utilizada.

Contudo, os veículos elétricos apresentaram um custo de manutenção e gastos com eletricidade inferiores aos outros dois modelos de propulsão. Dessa maneira, com o fomento à novas tecnologias e ao uso do modal elétrico, é possível que o valor de aquisição dos veículos elétricos venha a diminuir, tornando a sua aquisição mais vantajosa.

O custo da substituição da frota de ônibus ao final dos 25 anos foi obtido através da soma dos resultados de cada situação realizada, conforme o disposto na Tabela 23.

Tabela 23 – Custo total da substituição da frota de ônibus analisada no final de 25 anos.

Tipo de Veículo	Ônibus Diesel	Ônibus Híbrido	Ônibus Elétrico
Micro	R\$ 16.630.417,59	R\$ 29.844.498,28	R\$ 32.059.223,42
Micro Especial	R\$ 431.093.723,90	R\$ 765.686.698,25	R\$ 807.913.094,66
Comum	R\$ 1.955.643.263,52	R\$ 3.532.679.986,35	R\$ 4.004.806.980,06
Padron	R\$ 829.007.256,10	R\$ 1.483.647.313,71	R\$ 1.552.770.582,91
Articulado 18 m	R\$ 1.621.753.776,66	R\$ 2.988.891.620,55	R\$ 3.572.531.530,49
Articulado 20 m	R\$ 244.719.999,28	R\$ 450.167.044,55	R\$ 533.985.958,02
Biarticulado	R\$ 1.644.407.978,38	R\$ 3.135.346.412,84	R\$ 4.297.220.722,12
Total	R\$ 6.743.256.415,45	R\$ 12.386.263.574,54	R\$ 14.801.288.091,68

Fonte: Autoria própria, 2018.

A partir da soma dos custos por cada tipo de veículo observou-se que a substituição da frota a diesel por uma frota híbrida ou elétrica geraria um custo total

de aproximadamente o dobro dos custos gerados pela frota a diesel ao final dos 25 anos.

Contudo, em um cenário onde o veículo elétrico obtivesse um desconto ou uma redução no seu valor de aquisição o seu custo iria ser menor que os custos com os veículos híbridos. Já que os veículos híbridos utilizados possuem uma propulsão a biodiesel, que tem valor superior à tarifa energética utilizada nos ônibus elétricas.

No entanto, apesar da frota híbrida ter apresentado um custo próximo do dobro do custo da frota a diesel, existem outras tecnologias de veículos híbridos que não utilizam o biodiesel e isso impactaria de forma positiva o custo final da substituição.

Ainda se observou que o veículo elétrico possui gastos com manutenção reduzidos em comparação aos outros modais. Em relação ao veículo híbrido, a manutenção do veículo elétrico resultou em 46% da manutenção do veículo híbrido. Desta forma, o veículo elétrico se mostrou mais vantajoso em uma possível substituição da frota por um modelo mais sustentável.

4.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE

O dimensionamento de um sistema fotovoltaico é feito a partir da energia consumida pelo estabelecimento. Assim é necessário entender qual é o consumo elétrico anual dos terminais e estações tubo do sistema de transporte de Curitiba. De acordo com a URBS, o consumo de energia é de 2.678.736 kWh por ano para os 21 terminais e de 715.736 kWh por ano para as 329 estações tubo existentes na cidade, totalizando em 3.394.472,00 kWh consumidos por ano.

Para a viabilidade econômico-financeira do SFVCR são utilizadas algumas variáveis, como o custo inicial de investimento, o consumo de energia do estabelecimento, a taxa de manutenção do SFVCR, a taxa de aumento da energia ao longo dos anos, a taxa mínima de atratividade do investimento, a taxa de financiamento do financiamento e o período de financiamento. Desta maneira, foi composta a Tabela 24, a qual compila os dados base para os cálculos necessários

para realização dos cálculos de viabilidade econômico-financeira da implantação do sistema fotovoltaico nos terminais e estações tubo.

Tabela 24 – Dados financeiros para o cálculo da viabilidade econômico-financeira do SFVCR.

Consumo Energético dos Terminais e Estações Tubo (kWh/ano)	3.394.472,00
Taxa de Manutenção (a.a.)	1%
Tarifa Atual de Energia	R\$ 0,768970
Taxa de Aumento Médio da Energia (a.a.)	7,82%
Investimento Inicial do SFVCR	R\$ 9.543.206,65
Taxa Mínima de Atratividade (a.a.)	15%
Taxa de Financiamento do SFVCR (a.a.)	10%
Período de Financiamento (anos)	25

Fonte: Autoria própria, 2018.

4.2.1 Fluxo de Caixa

O Fluxo de Caixa foi feito a partir da entrada e saída dos valores gerados pela instalação do SFVCR. Sendo que o custo de energia consumida pelos terminais e estações tubo foi considerado na entrada do Fluxo de Caixa, pois com a instalação do SFVCR o gasto com energia elétrica seria nulo e esse valor seria economizado. Já para as saídas do Fluxo de Caixa foram considerados os gastos com manutenção do SFVCR e o valor da prestação do financiamento, como exposto na Tabela 25.

Tabela 25 – Valores de entrada e saída do Fluxo de Caixa da implantação do SFVCR.

Ano	Tarifa da Energia Elétrica	Economia de Energia (R\$)	Custos com Manutenção (R\$)	Prestação Anual (R\$)
0	R\$ 0,7690	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 9.543.206,65
1	R\$ 0,8291	R\$ 2.610.247,13	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68
2	R\$ 0,8940	R\$ 2.814.439,65	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68
3	R\$ 0,9639	R\$ 3.034.605,59	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68
4	R\$ 1,0393	R\$ 3.271.994,51	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68
5	R\$ 1,1206	R\$ 3.527.953,71	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68
6	R\$ 1,2083	R\$ 3.803.935,91	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68
7	R\$ 1,3028	R\$ 4.101.507,44	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68
8	R\$ 1,4047	R\$ 4.422.357,18	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68
9	R\$ 1,5146	R\$ 4.768.306,12	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68
10	R\$ 1,6331	R\$ 5.141.317,71	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68
11	R\$ 1,7609	R\$ 5.543.508,97	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68
12	R\$ 1,8986	R\$ 5.977.162,56	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68
13	R\$ 2,0471	R\$ 6.444.739,68	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68
14	R\$ 2,2073	R\$ 6.948.894,09	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68
15	R\$ 2,3799	R\$ 7.492.487,12	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68
16	R\$ 2,5661	R\$ 8.078.603,96	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68
17	R\$ 2,7668	R\$ 8.710.571,11	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68
18	R\$ 2,9833	R\$ 9.391.975,34	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68
19	R\$ 3,2167	R\$ 10.126.683,95	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68
20	R\$ 3,4683	R\$ 10.918.866,82	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68
21	R\$ 3,7396	R\$ 11.773.019,99	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68
22	R\$ 4,0321	R\$ 12.693.991,24	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68
23	R\$ 4,3476	R\$ 13.687.007,55	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68
24	R\$ 4,6877	R\$ 14.757.704,82	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68
25	R\$ 5,0544	R\$ 15.912.159,82	R\$ 95.432,07	R\$ 1.051.356,68

Fonte: Autoria própria, 2018.

Para a Taxa de Aumento Médio de energia ao longo dos 25 anos de financiamento foi realizada a média entre os valores do ajuste tarifário dos últimos 10 anos, chegando assim no valor de 7,28% ao ano. O valor da tarifa elétrica está de acordo com a Resolução ANEEL Nº 2.402 de 19 de junho de 2018 para Estabelecimentos Convencionais do Setor Público do Subgrupo B3, considerando os impostos ICMS e PIS/COFINS.

Para o cálculo dos gastos com manutenção foi cotado com os fornecedores dos painéis fotovoltaicos o valor usual para a manutenção do sistema fotovoltaico. De acordo com a pesquisa de preços realizada o valor utilizado é de 1% ao ano em relação ao valor investido. O valor cedido pelas empresas fornecedoras está de acordo com os parâmetros da EPE (2012), que define que os custos anuais com

operação e manutenção não devem exceder o valor de 1% do valor de investimento inicial. Diferentemente da energia elétrica, os valores gastos com a manutenção do SFVCR e com a prestação calculada para o investimento não variam ao longo do tempo. Desta maneira a composição do fluxo de caixa se manteve constante ao longo do período de investimento.

A partir da diferença das entradas e saídas do investimento no decorrer dos 25 anos foi obtido o resultado do Fluxo de Caixa, como mostrado na Tabela 26 e no Gráfico 6.

Tabela 26 – Fluxo de Caixa e Valor Presente Líquido da implantação do SFVCR.

Ano	Fluxo de Caixa (R\$)	Fluxo de Caixa Acumulado (R\$)
0	-R\$ 9.543.206,65	-R\$ 9.543.206,65
1	R\$ 1.463.458,39	-R\$ 8.079.748,27
2	R\$ 1.667.650,90	-R\$ 6.412.097,36
3	R\$ 1.887.816,84	-R\$ 4.524.280,52
4	R\$ 2.125.205,76	-R\$ 2.399.074,77
5	R\$ 2.381.164,97	-R\$ 17.909,80
6	R\$ 2.657.147,16	R\$ 2.639.237,36
7	R\$ 2.954.718,69	R\$ 5.593.956,06
8	R\$ 3.275.568,44	R\$ 8.869.524,49
9	R\$ 3.621.517,38	R\$ 12.491.041,87
10	R\$ 3.994.528,96	R\$ 16.485.570,83
11	R\$ 4.396.720,22	R\$ 20.882.291,05
12	R\$ 4.830.373,81	R\$ 25.712.664,86
13	R\$ 5.297.950,94	R\$ 31.010.615,80
14	R\$ 5.802.105,34	R\$ 36.812.721,14
15	R\$ 6.345.698,38	R\$ 43.158.419,52
16	R\$ 6.931.815,21	R\$ 50.090.234,73
17	R\$ 7.563.782,37	R\$ 57.654.017,10
18	R\$ 8.245.186,59	R\$ 65.899.203,69
19	R\$ 8.979.895,20	R\$ 74.879.098,89
20	R\$ 9.772.078,07	R\$ 84.651.176,97
21	R\$ 10.626.231,24	R\$ 95.277.408,21
22	R\$ 11.547.202,49	R\$ 106.824.610,70
23	R\$ 12.540.218,80	R\$ 119.364.829,51
24	R\$ 13.610.916,08	R\$ 132.975.745,58
25	R\$ 14.765.371,08	R\$ 147.741.116,66

Fonte: Autoria própria, 2018.

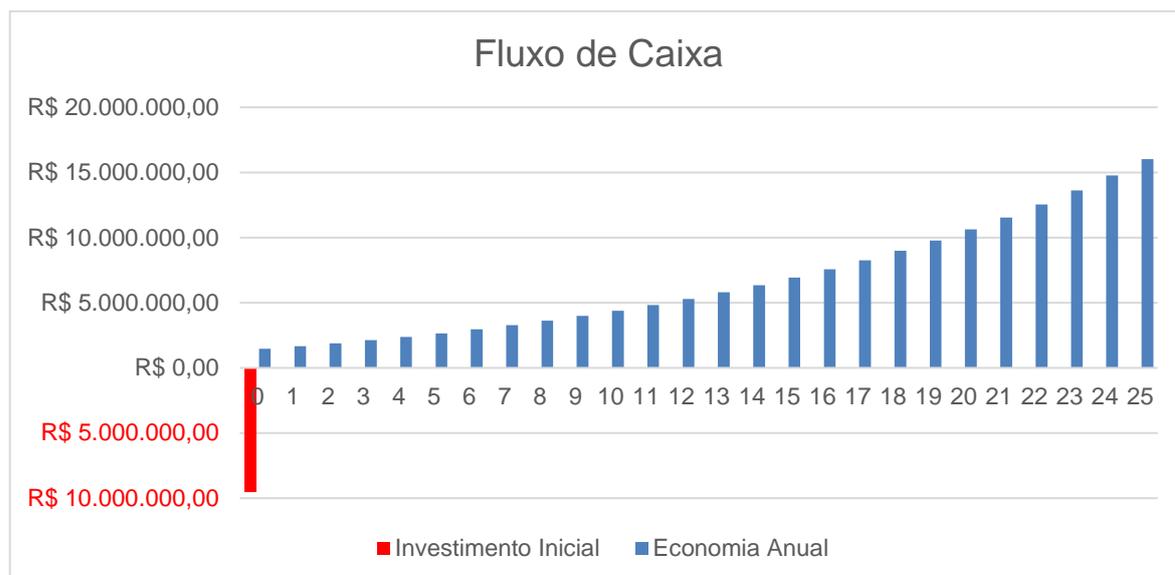


Gráfico 6 – Fluxo de Caixa anual do investimento.

Fonte: Autoria própria, 2018.

4.2.2 Valor Presente Líquido – VPL

Para o Valor Presente Líquido foi considerada uma Taxa de Atratividade Mínima – TMA de 15% ao ano, que é o valor médio entre os orçamentos fornecidos pelas empresas do ramo. A TMA escolhida está acima da Taxa Selic do ano de 2018, que está cerca de 6,5% ao ano, de acordo com a Receita Federal (2018). O valor também está próximo do sugerido pelo Banco Votorantim (2018), que recomenda que a taxa esteja entre 1,26% até 1,66% ao mês, dependendo do período de investimento. Os valores do VPL e VPL acumulado estão apresentados na Tabela 27 e Gráfico 7.

Tabela 27 – Valor Presente Líquido da implantação do SFVRC.

Ano	Valor Presente Líquido (R\$)	Valor Presente Líquido Acumulado (R\$)
0	-R\$ 9.543.206,65	-R\$ 9.543.206,65
1	R\$ 1.272.572,51	-R\$ 8.270.634,14
2	R\$ 1.260.983,67	-R\$ 7.009.650,47
3	R\$ 1.241.270,22	-R\$ 5.768.380,26
4	R\$ 1.215.093,29	-R\$ 4.553.286,97
5	R\$ 1.183.859,82	-R\$ 3.369.427,14
6	R\$ 1.148.758,04	-R\$ 2.220.669,10
7	R\$ 1.110.788,20	-R\$ 1.109.880,90
8	R\$ 1.070.789,13	-R\$ 39.091,77
9	R\$ 1.029.461,26	R\$ 990.369,50
10	R\$ 987.386,47	R\$ 1.977.755,96
11	R\$ 945.045,21	R\$ 2.922.801,18
12	R\$ 902.831,40	R\$ 3.825.632,58
13	R\$ 861.065,14	R\$ 4.686.697,72
14	R\$ 820.003,76	R\$ 5.506.701,48
15	R\$ 779.851,34	R\$ 6.286.552,82
16	R\$ 740.766,84	R\$ 7.027.319,65
17	R\$ 702.871,18	R\$ 7.730.190,84
18	R\$ 666.253,28	R\$ 8.396.444,12
19	R\$ 630.975,22	R\$ 9.027.419,34
20	R\$ 597.076,70	R\$ 9.624.496,03
21	R\$ 564.578,86	R\$ 10.189.074,90
22	R\$ 533.487,56	R\$ 10.722.562,45
23	R\$ 503.796,08	R\$ 11.226.358,54
24	R\$ 475.487,59	R\$ 11.701.846,13
25	R\$ 448.537,09	R\$ 12.150.383,21

Fonte: Autoria própria, 2018.



Gráfico 7 – Valor Presente Líquido da implantação do SFVCR.

Fonte: Autoria própria, 2018.

O VPL se manteve positivo ao longo dos 25 anos, a partir disso foi possível concluir que a implantação do SFVCR nos terminais e estações tubo da cidade de Curitiba é viável.

4.2.3 Taxa Interna de Retorno – TIR

A Taxa Interna de Retorno foi calculada a partir do Fluxo de Caixa, ou seja, a TIR é calculada a partir do investimento inicial e das entradas e saídas ao longo do período do financiamento. O valor da TIR para a implantação do SFVCR no sistema de transporte coletivo de Curitiba se encontra ao final da Tabela 28.

Tabela 28 – Taxa Interna de Retorno da implantação do SFVCR.

Ano	Fluxo de Caixa (R\$)
0	-R\$ 9.543.206,65
1	R\$ 1.463.458,39
2	R\$ 1.667.650,90
3	R\$ 1.887.816,84
4	R\$ 2.125.205,76
5	R\$ 2.381.164,97
6	R\$ 2.657.147,16
7	R\$ 2.954.718,69
8	R\$ 3.275.568,44
9	R\$ 3.621.517,38
10	R\$ 3.994.528,96
11	R\$ 4.396.720,22
12	R\$ 4.830.373,81
13	R\$ 5.297.950,94
14	R\$ 5.802.105,34
15	R\$ 6.345.698,38
16	R\$ 6.931.815,21
17	R\$ 7.563.782,37
18	R\$ 8.245.186,59
19	R\$ 8.979.895,20
20	R\$ 9.772.078,07
21	R\$ 10.626.231,24
22	R\$ 11.547.202,49
23	R\$ 12.540.218,80
24	R\$ 13.610.916,08
25	R\$ 14.765.371,08
TIR	26,30%

Fonte: Autoria própria, 2018.

A partir da análise do resultado da TIR, igual a 26,30%, foi possível observar que o investimento pode ser pago, pois, a TIR encontrada foi superior a TMA utilizada de 15% ao ano para o cálculo de VPL.

4.2.4 *Payback*

A análise do *Payback* Simples e do *Payback* Descontado foi realizada a partir do Fluxo de Caixa Acumulado e do VPL acumulado do investimento, respectivamente, como mostra a Tabela 29.

Tabela 29 – Fluxo de Caixa e VPL acumulados para o cálculo do *Payback*.

Ano	Fluxo de Caixa Acumulado (R\$)	Valor Presente Líquido Acumulado (R\$)
0	-R\$ 9.543.206,65	-R\$ 9.543.206,65
1	-R\$ 8.079.748,27	-R\$ 8.270.634,14
2	-R\$ 6.412.097,36	-R\$ 7.009.650,47
3	-R\$ 4.524.280,52	-R\$ 5.768.380,26
4	-R\$ 2.399.074,77	-R\$ 4.553.286,97
5	-R\$ 17.909,80	-R\$ 3.369.427,14
6	R\$ 2.639.237,36	-R\$ 2.220.669,10
7	R\$ 5.593.956,06	-R\$ 1.109.880,90
8	R\$ 8.869.524,49	-R\$ 39.091,77
9	R\$ 12.491.041,87	R\$ 990.369,50
10	R\$ 16.485.570,83	R\$ 1.977.755,96
11	R\$ 20.882.291,05	R\$ 2.922.801,18
12	R\$ 25.712.664,86	R\$ 3.825.632,58
13	R\$ 31.010.615,80	R\$ 4.686.697,72
14	R\$ 36.812.721,14	R\$ 5.506.701,48
15	R\$ 43.158.419,52	R\$ 6.286.552,82
16	R\$ 50.090.234,73	R\$ 7.027.319,65
17	R\$ 57.654.017,10	R\$ 7.730.190,84
18	R\$ 65.899.203,69	R\$ 8.396.444,12
19	R\$ 74.879.098,89	R\$ 9.027.419,34
20	R\$ 84.651.176,97	R\$ 9.624.496,03
21	R\$ 95.277.408,21	R\$ 10.189.074,90
22	R\$ 106.824.610,70	R\$ 10.722.562,45
23	R\$ 119.364.829,51	R\$ 11.226.358,54
24	R\$ 132.975.745,58	R\$ 11.701.846,13
25	R\$ 147.741.116,66	R\$ 12.150.383,21

Fonte: Autoria própria, 2018.

4.2.4.1 *Payback* Simples

Para a análise *Payback* Simples foi realizada a análise do Gráfico 8, onde mostra que o investimento começou a ter resultados positivos a partir do sexto ano do financiamento, ou seja, o investimento foi quitado no quinto ano.

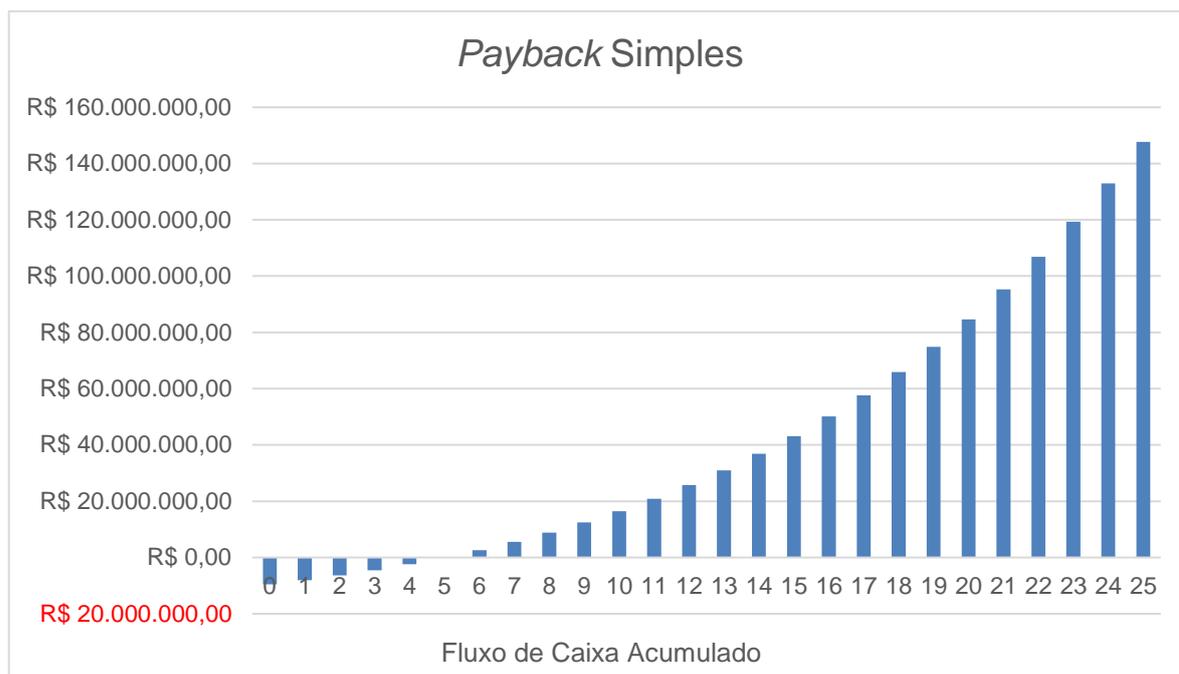


Gráfico 8 – *Payback Simples* da implantação do SFVCR.

Fonte: Autoria própria, 2018.

4.2.4.2 *Payback Descontado*

Para a análise *Payback Descontado* foi realizada a análise do Gráfico 9, onde mostra que o investimento começou a ter resultados positivos a partir do nono ano do financiamento, ou seja, o investimento foi quitado no oitavo ano.

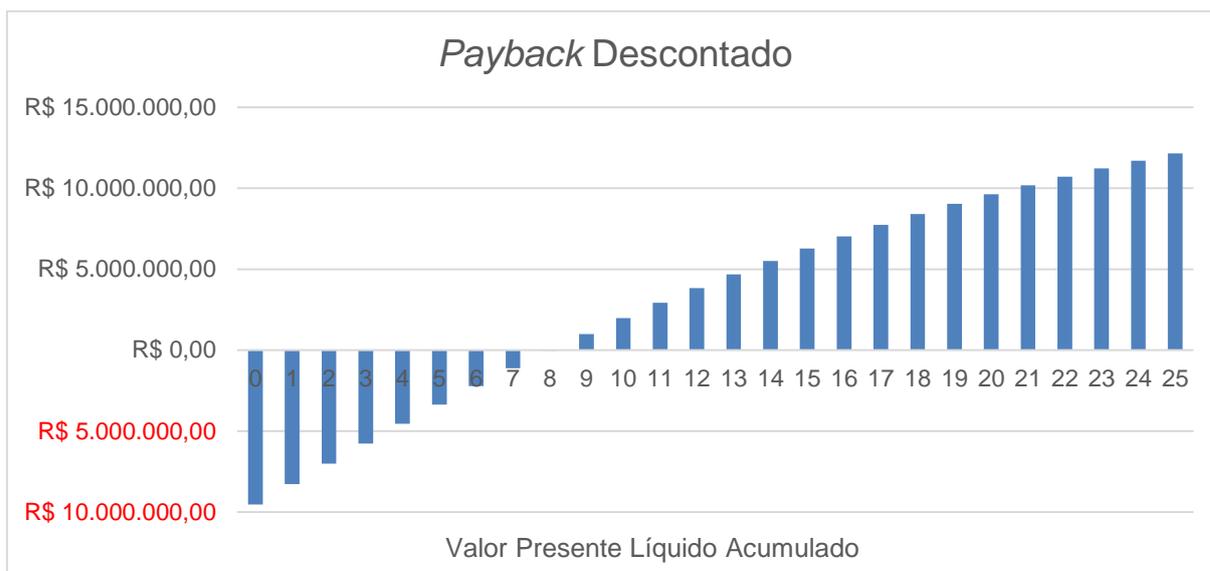


Gráfico 9 – Payback Descontado da implantação do SFVCR.

Fonte: Autoria própria, 2018.

4.3 RELAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DO SFVCR E DA SUBSTITUIÇÃO DA FROTA A DIESEL PELA FROTA ELÉTRICA

Para analisar a viabilidade econômico-financeira do projeto, foram calculados os investimentos de maneiras diferentes e separadamente, pois os prazos de vida útil de cada sistema são diferentes, assim como os incentivos fiscais de investimentos diferem entre a compra de máquinas e equipamentos para geração de energia.

Contudo, é possível considerar os resultados em termos de energia consumida e gerada e assim analisar o sistema como um todo. Isto é, a energia gerada pelos painéis fotovoltaicos instalados pode ter finalidades diferentes, tanto para o abastecimento da frota elétrica, assim como gerar energia para a utilização das instalações presentes no terminais e estações tubo da cidade.

De acordo com Chaves, Hinata e Rodrigues Neto (2017), a energia gerada pelo SFVCR instalado nos 21 terminais e nas 189 estações tubo das vias expressas é de 63.543,54 MWh por ano. Neste cálculo foram considerados cinco tipos de estações tubo, conforme Tabela 30. No entanto, se considerar um valor médio de geração de

energia igual a 4,989 MWh por ano para o restante das estações tubos, o potencial energético do sistema pode ter um aumento de 698,54 MWh por ano. Desta maneira, o total de energia total gerada pelo sistema fotovoltaico seria de 64.532,98 MWh por ano.

Tabela 30 – Energia elétrica gerada estimada por tipo de estação tubo - valores anuais.

	TIPO 01	TIPO 02	TIPO 03	TIPO 04	TIPO 05
Fornecedor	Energia (MWh)				
UNI-SOLAR	0,817	1,225	3,405	7,787	11,714

Fonte: Chaves, Hinata e Rodrigues Neto, 2017.

Desta forma, a energia gerada poderia abastecer todos os terminais e estações tubos, já que a energia consumida por eles é equivalente a 1.431,48 MWh por ano, ou seja, os terminais e estações tubo utilizariam um pouco mais que 2% da energia gerada pelo sistema instalado. Assim, com mais de 90% de energia não sendo utilizada pelos equipamentos urbanos, a energia restante poderia ser usada de outras formas, como por exemplo no abastecimento parcial da frota de ônibus elétrica, sendo o seu consumo demonstrado na Tabela 31.

Tabela 31 – Consumo energético da frota completa (exceto os veículos híbridos) movida a eletricidade.

Tipo de Veículo	Ônibus Elétrico (MWh/ano)
Micro	645,41
Micro Especial	19.003,93
Comum	82.145,59
Padron	43.408,48
Articulado 18 m	75.355,94
Articulado 20 m	11.527,39
Biarticulado	57.560,53

Fonte: Autoria própria, 2018.

Contudo, a energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico instalado não supriria a demanda de toda a frota de veículos elétricos, considerando todos os veículos de todas as categorias. No entanto, algumas combinações poderiam ser feitas para que a energia gerada suprisse a demanda elétrica dos veículos e reduzisse o custo com abastecimento por meio do uso da energia elétrica da rede. Sendo assim, a energia gerada poderia abastecer a frota de ônibus completa das categorias Micro,

Micro Especial e Articulado 20m, ou Padron e Articulado 20m, ou Padron e Micro Especial. Ou poderia abastecer apenas a frota de ônibus Biarticulado ou parcialmente as frotas do ônibus Comum e do Articulado de 18m, como mostrado na Tabela 32.

Tabela 32 – Economia gerada pelo abastecimento da frota de veículos elétricos pelo SFVCR.

Veículos Abastecidos	Qtde	Consumo (MWh/ano)	Economia Gerada (R\$/ano)
Micro + Micro Especial + Articulado 20m	349	95.005,27	R\$ 42.314.131,86
Padron + Articulado 20m	215	54.935,87	R\$ 27.505.279,59
Micro Especial + Padron	319	62.412,41	R\$ 24.824.293,00
Micro + Biarticulado	149	58.205,93	R\$ 15.058.389,29
Comum	485	82.145,59	R\$ 16.980.508,60
Articulado 18m	207	75.355,94	R\$ 15.577.003,84
Biarticulado	141	57.560,53	R\$ 11.898.472,31

Fonte: Autoria própria, 2018.

5 CONCLUSÃO

O objetivo do presente Trabalho de Conclusão de Curso foi desenvolver uma análise econômico-financeira para constatar se haveria viabilidade econômica e financeira para a implantação de um sistema fotovoltaico em terminais e estações tubo de Curitiba e a substituição da frota atual de ônibus movida a diesel por uma frota de veículos movidos a eletricidade. Usou-se como premissa que a energia gerada pelo SFVCR seria utilizada para o abastecimento dos veículos elétricos.

No entanto, a frota híbrida e a frota elétrica apresentaram um custo total de aproximadamente o dobro do custo da frota de diesel ao final do período estudado. Essa diferença de custos se deu pelo valor de aquisição dos veículos elétricos e da bateria. E para a frota híbrida se deu pelo custo do biodiesel utilizado nos modelos de veículos híbridos utilizados em Curitiba. A partir disso, conclui-se que a partir das novas tecnologias e do fomento ao uso de novos modelos de ônibus mais sustentáveis, os veículos elétricos e híbridos poderiam ter o preço de aquisição reduzido. Desta forma, o custo final dos veículos seria reduzido a ponto de ser menor que o custo da frota a diesel.

A análise das condições de incidência solar da cidade, em comparação com outras regiões, demonstra que a produtividade de energia solar é compatível com o esperado para um bom desempenho fotovoltaico. O estudo de viabilidade técnica da implantação do SFVCR de Chaves, Hinata e Rodrigues Neto (2017) demonstrou que na hipótese de painéis fotovoltaicos serem instalados em 21 terminais e 189 estações tubo de Curitiba, sua produção energética seria de 63.543,54 MWh/ano gerando R\$41.012.910,089 de economia anual. Comparando a este estudo, ampliou-se o escopo da análise implantando o sistema fotovoltaico em todas as estações tubo presentes na cidade. Os cálculos demonstraram que a energia produzida seria aumentada de 63.543,54 MWh para 64.532,98 MWh. Conseqüentemente, com o aumento da tarifa elétrica cobrada a economia anual para a prefeitura subiria para R\$ 49.623.925,63 por ano.

Contudo, o potencial gerado pelo SFVCR implantado poderia abastecer parcialmente a frota de veículos do sistema de transporte de Curitiba. Desta maneira, poderia gerar uma economia entre 11 a 40 milhões de reais gastos com energia elétrica para o abastecimento da frota. Poderia também impactar positivamente no consumo com energia elétrica dos terminais e estações tubo que também poderiam ser supridos pelo SFVCR instalado.

Do ponto de vista econômico-financeiro, a viabilidade da implantação do SFVCR se mostrou possível a partir dos parâmetros financeiros utilizados. A interpretação dos resultados se deu de maneira positiva, já que o Valor Presente Líquido é a ferramenta para definir a viabilidade de um projeto e seu resultado positivo mostrou que a implementação do SFVRC é viável para Curitiba. Com isso, o retorno de investimento seria a partir do nono ano de financiamento do sistema. Outra ferramenta utilizada que auxilia na definição da viabilidade de um projeto é a Taxa Interna de Retorno, que a partir da comparação com a taxa de juros utilizada ou da Taxa Mínima de Atratividade, confirma se o projeto é viável ou não. Como a Taxa Interna de Retorno teve resultado superior à taxa utilizada de 15% ao ano, o projeto se confirmou viável.

Para a análise econômico-financeira da substituição total da frota de veículos a diesel pela frota de veículos elétricos o método utilizado foi diferenciado pelo fato de que os veículos a diesel possuem vida útil menor que a vida útil do SFVCR. A partir disso foi calculado o custo ao final de 25 anos caso a opção fosse por utilizar uma frota de ônibus 100% elétricos. Em comparação com o valor obtido dos custos com a frota de ônibus a diesel, a substituição por uma frota de ônibus movido a eletricidade não seria viável com os valores de aquisição estimados. Sendo assim, seria interessante para a implantação da frota que houvesse um desconto na hora da compra dos veículos, pois os custos com manutenção e com energia mostraram que a frota elétrica poderia ser mais vantajosa. Os custos com a bateria do veículo elétrico também impactaram de forma negativa no custo final, já que possui a vida útil de apenas 5 anos. As vantagens da troca de modelos vão além do valor econômico-

financeiro, pois os benefícios trazidos pelo uso de veículos elétricos são inúmeros, incluindo a melhora na qualidade de vida da população.

Adicionalmente a implantação do sistema poderia ter impacto no valor da passagem do transporte público de Curitiba. Os gastos com combustível somados a outros custos relacionados com operação e manutenção dos veículos de propulsão a diesel representam 20,83% da tarifa cobrada do usuário, esse valor representa R\$ 14.739.143,85 gastos pela mensalmente URBS (2018). Ou seja, se a substituição da frota atual por uma frota elétrica abastecida pelo SFVCR estudado, poderia impactar na passagem do transporte público com uma redução de no máximo 12%, ou seja, de R\$4,25 a tarifa poderia passar a ser R\$3,74 por pessoa.

Atualmente existem tecnologias de painéis com propriedades flexíveis em sua composição e que poderiam ser melhores adaptados ao design das estações tubo, porém com o custo maior do que os comumente utilizados. Assim sendo, sugere-se para trabalhos futuros a pesquisa de novas tecnologias para que o impacto no design das estações tubo sejam os menores possíveis, assim como a importação de novas tecnologias. Sugere-se também o estudo de novas maneiras de reduzir a tarifa cobrada dos usuários a partir da substituição dos veículos a diesel por veículos elétricos, assim como os co-benefícios da implantação de uma frota de ônibus elétrica, tanto no setor econômico quanto no setor da saúde.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 11704:2008 Sistemas Fotovoltaicos - Classificação.** Disponível em: <<https://energypedia.info/images/temp/d/d2/20140508124638!phpU5v7IA.pdf>>.

Acesso em: 02 out. 2018.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9283/86 - Mobiliário Urbano.** Rio de Janeiro, 1986.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (França) (Org.). **International Energy Agency. 2017.** Disponível em: <<https://www.iea.org/>>. Acesso em: 15 nov. 2017

ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa Nº 482: Resolução Normativa Nº 482, de 17 de abril de 2012.** Brasília: Aneel, 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2018.

ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/a-aneel>>. Acesso em: 02 out. 2018.

ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Estrutura tarifária para o serviço de distribuição de energia elétrica.** Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Sum%C3%A1rio%20Executivo%20\(2\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Sum%C3%A1rio%20Executivo%20(2).pdf)>. Acesso em: 02 nov. 2018.

ANTP, Associação Nacional de Transportes Públicos. **Eletromobilidade.** Disponível em: <<http://antp.org.br/biblioteca/#seminario-%E2%80%9Celetromobilidade-em-sao-paulo-e-no-brasil:-cenarios,-desafios-e-proximos-passos%E2%80%9D>>. Acesso em: 11 set. 2018.

ANTP, Associação Nacional de Transportes Públicos. **Contratação de serviço de consultoria para “Elaboração de Projetos Executivos para Remodelação das Estações Tubo na Cidade de Curitiba”.** Disponível em: <

server.antp.org.br/_5dotSystem/userFiles/B04/B%2004.pdf>. Acesso em: 05 out. 2018.

BNDES, Banco Nacional de Desenvolvimento. **Valor projetado da TLP**. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia/custos-financeiros/tlp-taxa-de-longo-prazo/.../>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

BRASIL. Política Nacional de Mobilidade Urbana. Presidência da República (Comp.). **LEI Nº 12.587: Lei da Mobilidade Urbana**. 2012. Autorizada por: Dilma Rousseff. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm>. Acesso em: 18 nov. 2017.

BRASILEIRO, A.; HENRY, E. **Viação ilimitada: ônibus das cidades brasileiras**. São Paulo: Cultura Editores Associados, 1998. 635 p.

BRASÍLIA. Centro de Estudos e Debates Estratégicos. Câmara dos Deputados (Comp.). **O desafio da mobilidade urbana**. Brasília: Gráfica da Câmara, Deapa, 2015. 352 p. (Série estudos estratégicos; n. 7)

CHAVES, Ana Paula Vasconcelos; HINATA, Bruno Hachiro Damasceno; RODRIGUES NETO, José Antônio. **Estudo da viabilidade de implantação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede em terminais e estações-tubo na cidade de Curitiba**. 2017. 102 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/9257>>. Acesso em: 5 jun. 2018.

CITIES, C40. **Curitiba**. Disponível em: <<https://www.c40.org/cities/curitiba>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

CITIES, C40. **Curitiba: a leader in transport innovation**. Disponível em: <https://www.c40.org/blog_posts/curitiba-a-leader-in-transport-innovation>. Acesso em: 07 out. 2018.

CITIES, C40. **CC/C40 Hybrid & Electric bus program breaks ground in latin america.** Disponível em: <https://www.c40.org/blog_posts/ccic40-hybrid-electric-bus-program-breaks-ground-in-latin-america>. Acesso em: 05 jul. 2018.

CITIES, C40. **Low carbon technologies can transform latin america's bus fleets.** Disponível em: <<https://www.c40.org/researches/as-tecnologias-de-baixo-carbono-podem-transformar-as-frotas-de-onibus-da-america-latina>>. Acesso em: 14 out. 2018.

CMC, Comissão De Análise Da Tarifa Do Sistema De Transporte Coletivo De Passageiros Do Município De Curitiba. **Relatório Final.** Disponível em: <https://www.cmc.pr.gov.br/docs/cpi_transp/relatorio_final_comissao/Relatorio_Final_Comissao_Tarifa.pdf>. Acesso em: 05 out. 2018.

COP-21. Conferência das Nações Unidas sobre Mudança Climática. **Acordo de Paris.** Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/cop21/>>. Acesso em: 07 jul. 2018.

CONTABILIDADE, Portal da. **DFC - Demonstração dos Fluxos de Caixa.** Disponível em: <<http://www.portaldecontabilidade.com.br/tematicas/ademonstracaodosfluxos.htm>>. Acesso em: 12 out. 2018.

COPEL, Companhia Paranaense de Energia. **Acesso de micro e minigeração distribuída ao sistema da copel.** Disponível em: <[http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/verdocatual/E59DF9E94B635F678325831D0047F719/\\$FILE/NTC905200_Rev04102018.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/verdocatual/E59DF9E94B635F678325831D0047F719/$FILE/NTC905200_Rev04102018.pdf)>. Acesso em: 05 set. 2018.

COPEL, Companhia Paranaense de Energia. **Micro e mini geração – sistema de compensação de energia elétrica.** Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2FB57635122BA32D4B03257B630044F656>>. Acesso em: 11 out. 2018.

COPEL, Companhia Paranaense de Energia. **Alterações Tarifárias.** Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fp>

agcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2F04afb43850ca33c503257488005939b7>. Acesso em: 05 set. 2018.

COPEL, Companhia Paranaense de Energia. **Tarifa Convencional - subgrupo B3**. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2F8c04fbf11f00cc5703257488005939be>>. Acesso em: 12 set. 2018.

CPC, Comitê de Pronunciamentos Contábeis. **CPC 03 (R2) - demonstração dos fluxos de caixa**. Disponível em: <<http://www.cpc.org.br/CPC/Documentos-Emitidos/Pronunciamentos/Pronunciamento?Id=34>>. Acesso em: 14 out. 2018.

CURITIBA, Prefeitura de. **Curitiba ações estratégicas: clima e resiliência**. Disponível em: <<http://multimidia.curitiba.pr.gov.br/2016/00182811.pdf>>. Acesso em: 02 jul. 2018.

CURITIBA, Prefeitura de. **Seminário reúne especialistas em estratégias para redução de desastres**. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/seminario-reune-especialistas-em-estrategias-para-reducao-de-desastres/37856>>. Acesso em: 11 set. 2018.

CURITIBA, Prefeitura de; IPPUC. **Plano diretor de Curitiba: VERSÃO PARA AVALIAÇÃO NA PLENÁRIA EXPANDIDA DO CONCITIBA**. 2015. Disponível em: <<http://www.ippuc.org.br/planodiretor2014/arquivos/Resumo%20das%20Propostas%20A4.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

DREIER, Denis et al. Uso de energia e emissões de CO₂ de ônibus urbanos em Curitiba, Brasil. In: SYSTEMS ANALYSIS 2015, 1., 2015, Laxenburg, Austria. **Energy use and CO₂ emissions of city buses in Curitiba, Brazil**. Laxenburg, Austria: ECS, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/319702292_Energy_use_and_CO2_emissions_of_city_buses_in_Curitiba_Brazil>. Acesso em: 12 out. 2018.

DUARTE, F.; SÁNCHEZ, K.; LIBARDI, R. **Introdução à mobilidade urbana**. Curitiba: Juruá Editora, 2009. 108 p.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Análise da inserção da geração solar na matriz elétrica brasileira**. P. 30. Disponível em: <http://www.cogen.com.br/content/upload/1/documentos/Solar/Solar_COGEN/NT_EnergiaSolar_2012.pdf>. Acesso em: 05 out. 2018.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Matriz energética e elétrica**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 07 set. 2018.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco energético nacional 2017**. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2017_Web.pdf>. Acesso em: 12 out. 2018.

FERRAZ, A. C. P.; TORRES, I. G. E. **Transporte público urbano**. São Carlos: Rima Editora, 2001. 367 p.

FONTES, Ruy. **BNDES energia solar: guia de financiamentos para aquisição de sistemas fotovoltaicos**. Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/bndes-energia-solar-financiamento/>>. Acesso em: 14 out. 2018.

HUSAIN, Iqbal. **Electric and hybrid vehicles: design fundamentals**. Florida: Crc Press, 2003. 270 p.

IEA, International Energy Agency. **Global engagement learn about the iea's work with other organisations & countries around the world**. Disponível em: <<https://www.iea.org/countries/Germany/>>. Acesso em: 11 out. 2018.

INSTITUTO PÓLIS (Brasil). **Ministério das Cidades (Comp.). Cartilha Mobilidade: Mobilidade Urbana é Desenvolvimento Urbano**. 2005. Disponível em: <<http://www.polis.org.br/uploads/922/922.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

IPPUC, Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. **1960 a 1970 - o plano diretor: fatos que marcaram a década.** Disponível em: <<http://www.ippuc.org.br/mostrarlindahotempo.php?pagina=12>>. Acesso em: 12 set. 2018.

JORDAN, Roos Westerfield. **Fundamentos de administração financeira.** Rio Grande do Sul: Bookman, 2013.

LABREN, Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia. **Atlas Brasileiro de Energia Solar - 2ª Edição.** Disponível em: <http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html>. Acesso em: 05 jul. 2018.

LAMBERTS, Roberto et al. **Casa eficiente - consumo e geração de energia.** Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente_vol_II_WEB.pdf>. Acesso em: 14 out. 2018.

LEITE, C. **Cidades sustentáveis, cidade inteligentes: desenvolvimento sustentável num planeta urbano.** Porto Alegre: Bookman, 2012. 264 p.

LEITE, C.; TELLO. **Cidades sustentáveis, cidade inteligentes: desenvolvimento sustentável num planeta urbano.** Porto Alegre: Bookman, 2012. 264 p.

LERNER, J. MENEZES, C. L. **Desenvolvimento urbano e meio ambiente: a experiência de Curitiba.** 2. ed. Curitiba: Papyrus, 2001. 198 p.

LOPES, Juliana. **Estratégia de gerenciamento de potência em ônibus de transporte urbano elétrico híbrido série.** Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade de São Carlos, São Carlos, 2008. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/1819/tde.../dissert_lopes.pdf>. Acesso em: 12 set. 2018.

MALUF FILHO, Adalberto Felício. **Avaliação do ciclo de vida de diferentes tecnologias de ônibus: eficiência energética e emissões de poluentes em operação real.** 2016. 8 f. Tese (Doutorado) - Curso de Relações Internacionais,

Universidade de São Paulo (iri-usp), São Paulo, 2016. Disponível em: < http://files-server.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2013/10/07/5B72F3AA-0DC5-468E-A6F7-17474BBD1FB8.pdf>. Acesso em: 11 set. 2018.

MENEZES, C. L. **Desenvolvimento urbano e meio ambiente: a experiência de Curitiba**. 2. ed. Curitiba: Papyrus, 2001. 198 p.

NONATO, Fernando S. **Fatores incidentes no uso de tecnologias capazes de reduzir as emissões de ônibus e caminhões no Brasil**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade de Brasília, Brasília, 2008. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/.../1/2008_FernandoNonatoSilva.pdf>. Acesso em: 12 set. 2018.

PARANÁ. Centro de Apoio Operacional das Promotorias de Justiça de Habitação e Urbanismo. Ministério Público do Paraná (Comp.). **Transporte e mobilidade urbana**. 2017. Disponível em: <<http://www.urbanismo.mppr.mp.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=4>>. Acesso em: 14 nov. 2017.

PEREIRA, Juliano da Silva; JUNIORZ, Jair Urbanetz; GADDA, Tatiana. **Ônibus elétricos carregados por sistemas fotovoltaicos e a contribuição para reduzir as emissões de GEE no transporte público de Curitiba**. In: SMART ENERGY PARANÁ 2018, 1., 2018, Curitiba. Ônibus elétricos carregados por sistemas fotovoltaicos e a contribuição para reduzir as emissões de GEE no transporte público de Curitiba. Curitiba: UTFPR, 2018. v. 1, p. 1 - 6.

PEREIRA, T. C. G. (Org.). **Dossiê de pesquisa: fontes renováveis de energia**. Curitiba: Via Laser Gráfica e Editora, 2010. 235 p. Desenvolvido por: COPEL e UTFPR.

PHILIPPI JUNIOR, Arlindo; REIS, Lineu Belico dos. **Livro energia e sustentabilidade**. São Paulo: Manole, 2017.

RECEITA FEDERAL. **Taxa de juros Selic**. Disponível em: <<http://idg.receita.fazenda.gov.br/orientacao/tributaria/pagamentos-e-parcelamentos/taxa-de-juros-selic>>. Acesso em: 14 out. 2018.

ROSSI, Rafaela. **Qual a diferença entre uma análise financeira, econômica e contábil?** 2016. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/qual-diferen%C3%A7a-entre-uma-an%C3%A1lise-financeira-econ%C3%B4mica-rafaela-rossi/>>. Acesso em: 11 out. 2018.

SEBRAE, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Como fazer uma análise financeira.** Disponível em: <<http://www.sebraepr.com.br/PortalSebrae/artigos/Como-fazer-uma-An%C3%A1lise-Financeira>>. Acesso em: 05 out. 2018.

SEEG, System For Greenhouse Gas Emissions And Removals Estimates. **Emissões dos setores de energia, processos industriais e uso de produtos.** Disponível em: <<http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2018/05/Relato%C3%A7%C3%B5es-SEEG-2018-Energia-Final-v1.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2018.

SILVA, Serguei Nogueira da. **Uso do GNV em ônibus urbano para operar em linha comercial: projeto piloto GASBUS.** 2006. 176 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13473/000645914.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 12 set. 2018.

SOLARGIS. **World map of global horizontal irradiation.** Disponível em: <<https://solargis.com/maps-and-gis-data/overview/>>. Acesso em: 14 out. 2018.

STIGLITZ, BRASÍLIA. Centro de Estudos e Debates Estratégicos. Câmara dos Deputados (Comp.). **O desafio da mobilidade urbana.** Brasília: Gráfica da Câmara, Deapa, 2015. 352 p. (Série estudos estratégicos; n. 7)

SUSTENTÁVEL, Dusol Engenharia. **Como é o financiamento para energia solar para pessoa física?** Disponível em: <<https://www.dusolengenharia.com.br/post/como-e-o-financiamento-para-energia-solar-para-pessoa-fisica/>>. Acesso em: 12 out. 2018.

SVEN TESKE (Suécia). Greenpeace International; Gwec (conselho Internacional de Energia Eólica); Erec (conselho Europeu de Energia Renovável) (Comp.). **Revolução energética: a caminho do desenvolvimento limpo**. Estocolmo: Edição Brasileira: Hawaii Gráfica & Editora |, 2013. Disponível em: <http://www.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/image/2013/Agosto/Revolucao_Energetica.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2017.

TIEPOLO, G. M.; CANGIOLIERI, O.; URBANETZ, J. Inserção da energia fotovoltaica na matriz elétrica do estado do Paraná: Análise do Potencial Produtivo. **Revista SODEBRAS**, v. 8, n. 87, mar. 2013.

TIEPOLO, Gerson Máximo et al. **Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná**. Disponível em: <http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/Atlas_Solar_do_Estado_do_Parana.pdf>. Acesso em: 14 out. 2018.

URBS, Urbanização de Curitiba Sa. **Estatístico de transporte coletivo de Curitiba (garagem/linha) - maio / 2016**. Disponível em: <https://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/pdf/transporte/rit/Relatorio_Estatistico_Empresa_Linha_Maio-2016.pdf>. Acesso em: 15 set. 2018.

URBS, Urbanização de Curitiba S.A. **Tarifa técnica - custo da RIT. 2018**. Disponível em: <<http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/images/rit/grafico-1215.png>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

URBS, Urbanização de Curitiba S.A. **Sustentabilidade**. Disponível em: <<http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/transporte/sustentabilidade>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

URBS, Urbanização de Curitiba S.A. **Terminal santa cândida recebe nova área operacional ampliada para atender 12 linhas de ônibus**. Disponível em: <<http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/noticia/terminal-santa-candida-recebe-nova-area-operacional-ampliada-para-atender-12-linhas-de-onibus>>. Acesso em: 14 out. 2018.

URBS, Urbanização de Curitiba S.A. **Composição da frota.** Disponível em: <<http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/transporte/rede-integrada-de-transporte/42>>.

Acesso em: 14 set. 2018.

URBS, Urbanização de Curitiba S.A. Prefeitura Municipal de Curitiba (Org.). **Metodologia de cálculo da tarifa técnica.** Curitiba: Urbs, 2017. 12 p. Disponível em: <<http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/transporte/rede-integrada-de-transporte>>. Acesso em: 11 nov. 2017.

URBS, Urbanização de Curitiba S.A. **Metodologia tarifária.** Disponível em: <<http://multimedia.curitiba.pr.gov.br/2013/00133865.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2018.

URBS, Urbanização de Curitiba S.A.. **Índice de linhas urbanas por ordem alfabética - junho 2018.** Disponível em: <http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/pdf/transporte/rit/Linhas_x_Empresas_Operadoras_alfabetica.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2018.

URBS, Urbanização de Curitiba S.A. **Tecnologia do hibriplug é aprovada para uso no transporte coletivo.** Disponível em: <<http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/noticia/tecnologia-do-hibriplug-e-aprovada-para-uso-no-transporte-coletivo>>. Acesso em: 02 out. 2018.

URBS, Urbanização de Curitiba S.A. **Preço por tipo de veículo.** Disponível em: <http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/pdf/transporte/rit/Precos_dos_Insumos_e_Salarios.pdf>. Acesso em: 02 out. 2018.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara de. **A cidade, o transporte e o trânsito.** São Paulo: Prólivros, 2005. 127p.

VOLVO. **Volvo híbrido: inovação e sustentabilidade.** Disponível em: <<https://www.volvobuses.com.br/pt-br/our-offering/buses/volvo-hibrido.html>>. Acesso em: 07 set. 2018.

VOLVO DO BRASIL (Paraná). Prefeitura Municipal de Curitiba (Org.). **Sistema de transporte coletivo de Curitiba**. Curitiba: Travessa dos Editores, 2004. 247 p. Idealizador: Cassio Taniguchi; Coordenadora Geral: Denise de Camargo.