

Projeto de Graduação



2 de Janeiro, 2020

Precificação de Contratos de Energia Elétrica

Rodrigo Camargo Martins Pires



www.ele.puc-rio.br



Precificação de Contratos de Energia Elétrica

**Aluno: Rodrigo Camargo Martins
Pires**

**Orientador: Alexandre Street
Coorientador: Bruno Fânzeres dos Santos**

Trabalho apresentado com requisito parcial à conclusão do curso de Engenharia Elétrica na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Agradecimentos

Aos meus pais, Mônica e Fausto, pela confiança e apoio emocional.

Ao meu orientador Alexandre Street que apesar da intensa rotina de sua vida acadêmica aceitou me orientar nesta monografia. As suas valiosas indicações fizeram toda a diferença.

Ao meu professor Bruno Fânzeres dos Santos pela grande atenção que se tornou essencial para que o projeto fosse concluído.

Precificação de Contratos de Energia Elétrica

Resumo

Este projeto tem como objetivo introduzir o conceito de contratos futuros de energia elétrica, bem como suas características e motivação para que seja amplamente utilizado por empresas que consomem energia elétrica e incentivado pelas geradoras. Devido a importância destes contratos para o lucro das empresas fornecedoras e consumidoras, análises para a sua precificação são de grande interesse para a escolha de um preço justo que pondere os riscos de ambos os lados do contrato. Para esta análise, faz-se uso, no projeto em questão, de modelos lineares implementados em um código em Julia para análise de diversos casos possíveis de preço da energia ao longo do período do contrato como apoio à decisão do portfólio ideal, baseado em dados reais de contratos existentes.

Palavras-chave: Contratos Futuros, Energia Elétrica, Precificação, Gerenciamento de Risco de Portfólio

Energy Contracts Valuation

Abstract

This project has the objective of introduce the concept of future contracts of electricity, your characteristics and motivations to be widely used in companies that are electricity consumers such as encouraged for generators as well. Due to this contracts importancy for company profits, electricity consumer or generator, analysis about your valuation are necessary and useful for pick the fair contract price that conciders both sides of contract risk. For this analysis, in this specific project, linear models are implemented in Julia programming language to calculate the Generator and consumer companies revenue in different scenarios of spot prices and generation, considering a specific power plant, during a stipulated period to use as support decision to ideal portifolio of contracts, based on real data of existing contracts.

Keywords: Future Contract, Electricity , Valuation, Portfolio Risk Management

Lista de Figuras

1	Curva de oferta e demanda	5
2	Curva de Contratos com os preços ao longo do período	10
4	Resultados da comercializadora	11
6	Resultados da comercializadora na Região Sudeste	18
7	Resultados da comercializadora na Região Nordeste	18
8	Resultados da comercializadora na Região Norte	18
12	Arquitetura do Projeto	20

Lista de Tabelas

1	Dados de Contratos (Contratos.csv)	7
2	Custo de Geração por Cenário (CustoPorGeracaoEstimado.csv)	7
3	Geração Estimada (GeracaoEstimada.csv)	8
4	Tabela com Cenários de PLD (PLDEstimado.csv)	8
5	Receita Geração (ReceitaGeracao_(Nome Da Região).csv)	10
6	Receita Comercializadora (ReceitaComercializadora_(Nome Da Região).csv)	10
7	Informações dos Contratos (Contratos_DB.csv)	12
8	Cenários de PLD por Região (Estimados_DB.csv)	13
9	Cenários de Geração de Energia na usina em MWh (Geracao_DB.csv)	13
10	Receita Comercializador Nordeste (ReceitaComercializadora_Nordeste.csv)	14
11	Receita Comercializador Nordeste (ReceitaComercializadora_Norte.csv)	14
12	Receita Comercializador Sudeste (ReceitaComercializadora_Sudeste.csv)	14
13	Receita de Geração por cenário de PLD na Região Nordeste (ReceitaGeracao_Cenario_PLD_Nordeste.CSV)	15
14	Receita de Geração por cenário de PLD na Região Norte (ReceitaGeracao_Cenario_PLD_Norte.CSV)	15
15	Receita de Geração por cenário de PLD na Região Sudeste (ReceitaGeracao_Cenario_PLD_Sudeste.CSV)	15
16	Receita de Geração por Cenário de Geração da Usina (ReceitaGeracao_Cenario_Geracao_Nordeste.CSV)	16
17	Receita de Geração por Cenário de Geração da Usina (ReceitaGeracao_Cenario_Geracao_Norte.CSV)	16
18	Receita de Geração por Cenário de Geração da Usina (ReceitaGeracao_Cenario_Geracao_Sudeste.CSV)	16

Sumário

1	Introdução	1
2	Caracterização	2
a	Otimização da Receita do Gerador	3
b	Otimização da Receita do Comprador	3
c	Relação Comprador Vendedor	4
d	Oferta e demanda	4
1	Monopólio	4
e	Medidas de Risco	5
3	Aplicação Proposta	6
a	Modo 1: Dados Aleatórios	6
1	Criação valores dos Parâmetros	6
2	Armazenamento dos Parâmetros criados	7
3	Cálculo das Receitas	8
4	Armazenamento das Receitas	9
5	Gráficos Gerados	10
b	Modo 2: Exemplo Padrão	11
1	Geração dos dados de contrato	11
2	Leitura das planilhas fornecidas	12
3	Receitas Geradas	12
4	Gráficos e Análises	17
c	Modo 3: Dados Retirados de Planilhas	20
d	Arquitetura Completa	20
4	Conclusão e trabalhos futuros	21
A	Apêndice	23
a	InterfaceUser.jl	23
b	TFC.jl	23
c	Function.jl	26
d	PlotGenerator.jl	30

1 Introdução

O consumo de energia elétrica, é imprescindível para a produção em fábricas de diversos tipos de manufaturas. Por conta disso, é essencial para a projeção do lucro de um determinado produto o custo da energia consumida. Analogamente para geradoras, seu lucro esta majoritariamente vinculado ao preço no qual é vendido o MWh no mercado.

No curto prazo, o preço da energia elétrica oscila no mercado conforme a oferta e procura, apresentando grande volatilidade durante o dia. Um índice conhecido para tal preço é conhecido como PLD, Preço de Liquidação das Diferenças, e pode ser encontrado no site ccee.

Tal volatilidade gera grande incerteza para todos que dependem do mesmo e visando torná-lo mais previsível criaram-se os contratos futuros de energia elétrica que são contratos que visam fixar por um período de médio/longo prazo tanto o preço quanto a quantidade a ser fornecida/consumida. Com isso, as empresas geradoras acabam reduzindo outra dificuldade enfrentada neste meio que é a volatilidade na quantidade consumida pelas empresas, uma vez que toda energia gerada precisará ser consumida e a quantidade de energia gerada por uma usina, por exemplo, não consegue ser alterada de forma abrupta devido sua grande estrutura.

No mercado, existem duas soluções que permitem a geração de tais contratos: Os ambientes de Contratação regulado (ACR) e os Ambientes de Contratação Livre (ACL).

No ACR a realização do acordo para o contrato é regulada pela Agência nacional de energia elétrica (aneel) e os valores dos contratos propostos são precificados através de um leilão. Devido o intermédio de um órgão regulador, tal ambiente se torna mais limitado na formulação do contrato e possui altas despesas envolvidas para a realização do contrato.

No ACL não há órgão regulatório e, por isso a criação do contrato, bem como sua precificação, depende exclusivamente da vontade do contratante e do contratado. Além disso, por ser ainda relativamente novo este ambiente, é possível fechar contratos com carga inferior aos acordados no ACR. Um dos ACL mais importantes é o Mercado Livre de Energia elétrica onde os participantes podem negociar livremente todas as condições comerciais como fornecedor, preço, quantidade de energia contratada, período de suprimento, pagamento, entre outras.

As fontes de energia elétrica comercializada em ambos ambientes são separadas em convencional e incentivada. Nas fontes convencionais a energia é gerada principalmente por usinas termelétricas e grandes usinas hidrelétricas, que no Mercado Livre de Energia podem ser contratadas apenas pelos consumidores Livres; Já, nas fontes incentivadas, as mais comuns são usinas eólicas, de biomassa, solares e de PCH's (pequenas centrais hidrelétricas com potência inferior ou igual a 30.000 kW).

A maioria das fontes incentivadas são mais caras devido sua imprecisão na geração, porém o consumidor que adquiri-las tem direito a isenções fiscais, como descontos no uso do sistema de distribuição (TUSD) que variam de 50 à 100% de acordo com o empreendimento em questão.

2 Caracterização

No intuito de desenvolver métricas para inferir o preço justo do contrato, bem como sua sua receita esperada, utilizou-se uma equação linear para a receita da comercializadora, sendo utilizada de parâmetros dados apenas referentes à dados do contrato, a geração real no período e o preço da energia que consta na marcação à mercado. Sendo assim, sua receita será dada por:

$$\hat{R}_g(q_s, p) = (\hat{g} - q_s) \times \hat{\pi} + q_s \times p \quad (1)$$

Sendo:

$\hat{R} \rightarrow$ Receita do Gerador

$\hat{g} \rightarrow$ carga gerada pela Gerador estimada

$q_s \rightarrow$ carga contratada

$\hat{\pi} \rightarrow$ preço da energia elétrica à mercado (Spot Price ou PLD)

$p \rightarrow$ preço contratado

A formulação da receita visa representar que uma vez que o contrato estiver firmado, o mesmo deverá ser honrado independente da geração de energia no período, caso a comercializadora também possua geração; Por isso, caso haja uma produção inferior ao acordado, o restante deverá ser comprado à mercado para complementar e da mesma forma, caso haja excesso de geração, também poderá ser vendido para mercado obtendo assim uma receita extra. Além disso, a relação pode ser reescrita em partes dependentes do contrato ou não, conforme expressa a seguir:

$$\hat{R}_g(q_s, p) = \hat{g} \times \hat{\pi} + (p - \hat{\pi}) \times q_s \quad (2)$$

Esta reformulação permite com que seja possível identificar a parcela da receita dependente da oscilação do mercado e a quantidade de carga gerada, primeira parcela, e a parcela em que o contrato é parâmetro essencial e, mais ainda, pode-se notar também que esta possui uma formulação comum no mercado, conhecido como spread. O spread é um conceito amplamente difundido no âmbito bancário como sendo a a receita obtida da diferença entre o preço comprado e vendido vezes a quantidade movimentada do produto. Por este motivo, ao longo do projeto será atribuído à esta equação o nome **spread da geradora**.

Para compreender a relação comprador vendedor fez-se uso da seguinte equação para a receita do comprador.

$$\hat{R}_d(q_b, p) = (q_b - \hat{d}) \times \hat{\pi} - q_b \times p \quad (3)$$

Sendo:

$\hat{R} \rightarrow$ Receita do comprador

$\hat{d} \rightarrow$ demanda do comprador

$q_b \rightarrow$ carga contratada

$\hat{\pi} \rightarrow$ preço da energia elétrica à mercado (Spot Price ou PLD)

$p \rightarrow$ preço contratado

Além disso, a relação pode ser reescrita em partes dependentes do contrato ou não, conforme expressa a seguir:

$$\hat{R}_d(q_b, p) = -\hat{d} \times \hat{\pi} + (\hat{\pi} - p) \times q_b \quad (4)$$

Analogamente ao caso do gerador, a segunda parcela também possui a mesma peculiaridade atribuída ao conceito de spread, no entanto com uma inversão de sinal por conta do referencial, posto que compra à contrato podendo vender à mercado; diferente da geradora, que vende à contrato podendo comprar à mercado. Por este motivo, ao longo do projeto será atribuído à esta equação o nome **spread da Comprador**.

Através de análises sobre ambas as fórmulas e compreendendo que preço justo para contrato seria aquele que otimiza a receita de todas as pontas, deve-se entender que tratar a receita separadamente pode-se gerar conclusões inverossímeis.

a Otimização da Receita do Gerador

Para a otimização da Receita pode-se considera como variáveis apenas os parâmetros referentes aos contratos no intuito que concluir medidas de aumentá-la sem que haja a relação direta com os parâmetros à mercado, uma vez que estes são de difícil controle e altamente voláteis. Portanto, tomando o gradiente de $\hat{R}_s(q_s, p)$ e igualando à zero pode-se concluir que :

$$\nabla \hat{R}_g(q_s, p) = \begin{bmatrix} -\hat{\pi} + p \\ q_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Obtendo assim que o único ponto ótimo seria o preço do contrato equivalente ao mercado e carga contratada zero. No entanto, esse ponto ótimos encontrado zera a receita e não é nem ponto de máximo nem de mínimo. Além do pontos crítico encontrado acima, uma outra forma de se obter máximos deve ser a análise do comportamento da receita no para valores restritos a fronteira de domínio. Tal fronteira visa representar a finitude dos recursos de uma geradora, posto que sua geração possui uma capacidade máxima, apesar disso, ainda existem direções ilimitadas no domínio uma vez que o preço pode ser tão grande quanto se queira. Com isso, conclui-se junto a suposição de que preço e carga ofertada são independentes que sua restrição apresenta a criação de um raio extremo, devido a limitação a carga ofertada e a ausência de cota superior para o preço, que nos permite seguir com uma análise fixando uma carga arbitrária q_s^* para o contrato e encontrando o preço que maximiza a receita.

$$\nabla [\hat{R}_g(q_s, p)|_{q_s=q_s^*}] = \frac{d}{dp} \hat{R}_g(q_s^*, p) = q_s^* \quad (6)$$

Apesar do ponto crítico indicado pelo gradiente ser um ponto de sela, a derivada da receita com relação ao preço sendo a carga arbitrada que é estritamente positiva indica que a receita é ilimitada e mais especificamente:

$$\lim_{p \rightarrow \infty} [\hat{R}_g(q_s, p)|_{q_s=q_s^*}] \rightarrow \infty \quad (7)$$

e, portanto, pode-se concluir que quando maior o preço, maior será sua receita.

b Otimização da Receita do Comprador

Análogo ao caso do gerador, para a otimização da Receita pode-se considerar como variáveis apenas os parâmetros referentes aos contratos no intuito que concluir medidas de aumentá-la sem que haja a relação direta com os parâmetros à mercado, uma vez que estes são de difícil controle e altamente voláteis. Portanto, tomando o gradiente de $\hat{R}_d(q_b, p)$ e igualando à zero pode-se concluir que :

$$\nabla \hat{R}_d(q_b, p) = \begin{bmatrix} \hat{\pi} - p \\ -q_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Obtendo assim que o único ponto ótimo seria o preço do contrato equivalente ao mercado e carga contratada zero. No entanto, esse ponto ótimos encontrado zera a receita e não é nem ponto de máximo nem de mínimo. Além do pontos crítico encontrado acima, uma outra forma de se obter máximos deve ser a análise do comportamento da receita no para valores restritos a fronteira de domínio. Tal fronteira visa representar a finitude dos recursos de uma geradora, posto que sua geração possui uma capacidade máxima, apesar disso, ainda existem direções ilimitadas no domínio uma vez que o preço pode ser tão grande quanto se queira. Com isso, conclui-se junto a suposição de que preço e carga ofertada são independentes que sua restrição apresenta a criação de um domínio ilimitados positivamente em p.

Devido a limitação a carga ofertada e a ausência de cota superior para o preço podemos seguir com uma análise fixando uma carga arbitrária q_b^* para o contrato e encontrando o preço que maximiza a receita.

$$\nabla [\hat{R}_d(q_b, p)|_{q_b=q_b^*}] = \frac{d}{dp} \hat{R}_d(q_b^*, p) = -q_b^* \quad (9)$$

Apesar do ponto crítico indicado pelo gradiente ser um ponto de sela, a derivada da receita com relação ao preço sendo a carga arbitrada que é estritamente positiva indica que a receita decresce linearmente conforme o aumento do preço e mais especificamente:

$$\max_{p \in [0, \infty)} [\hat{R}_d(q_b, p)|_{q_b=q_b^* > 0}] = \lim_{p \rightarrow \inf[0, \infty)} [\hat{R}_d(q_b, p)|_{q_b=q_b^* > 0}] = (q_b^* - \hat{d}) \times \hat{\pi} \quad (10)$$

e, portanto, pode-se concluir que quando menor o preço, maior será sua receita.

c Relação Comprador Vendedor

Conforme concluído nas nas seções anteriores, há um claro conflito de interesse entre o comprador e o vendedor em termos da receita o que condiz com a análise fundamentalista das relações de vendedor desejando aumentar o preço de seu produto e o comprador almejando reduzi-lo. Desta forma, o fator responsável para estimação do preço ótimo seria a oferta e a demanda.

d Oferta e demanda

No mercado existem diversos fatores responsáveis pelo estabilização temporal do preço tido como justo. O cenário idealizado por uma empresa para seu produto ideal seria um mercado sem concorrência (monopólio) e um produto essencial, pois, nessas condições, o preço do produto pode ser escolhido pelo fornecedor sem a necessidade de consultar a contraparte que, sem outro fornecedor e necessitando do fornecimento, acaba aceitando o valor estipulado. No entanto, em um mercado real esses dois fatores dificilmente ocorrem.

1 Monopólio

O monopólio ocorre quando uma única empresa possui toda a produção de um determinado serviço ou produtos disponível, na prática isso ocorre mediante a uma restrição do governo ou em casos de empresas pioneiras em um novo mercado; Nesse último caso, caso seja bem sucedida a nova área demandada é atribuído o nome de oceano azul, segundo o livro *Blue Ocean Strategy*, por ser inexplorada e livre de concorrência no primeiro momento, contudo há o surgimento natural de empresas na área por se tratar de uma clara oportunidade do mercado. Na prática, portanto, salvo restrições governamentais, o monopólio não é sustentável no longo prazo.

Já a demanda, esta majoritariamente vinculada a necessidade do produto, o quão essencial o mesmo é para algum determinado nicho, e qual seria a quantidade demandada. Apesar dos produtos possuírem uma essencialidade invariante ao preço ofertado, a quantidade pode ser alterada dado um determinado preço e, com isso, conclui-se o conflito de interesse do entre preço e demanda, quanto maior o preço menor será a demanda.

Analogamente, a oferta também esta vinculada a quantidade ofertada e o preço fornecido, pois levando em consideração o interesse do fornecedor, quanto maior for o preço maior será a quantidade, uma vez que para maximizar seu lucro, a empresa visa vender mais na alta dos preços.

Por fim, a análise conjunta da oferta com a demanda, surge um ponto de equilíbrio no encontro das curvas em que surge o preço encontrado à mercado. Conforme representado na figura abaixo:

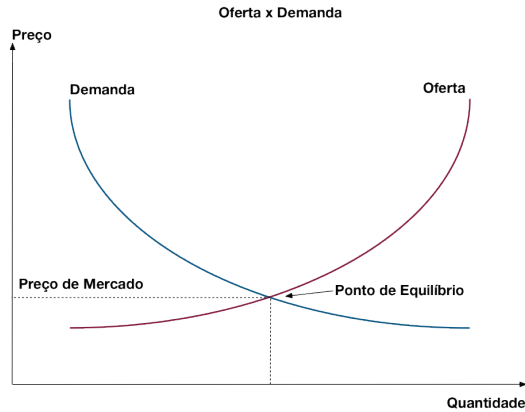


Figure 1: Curva de oferta e demanda

No caso em particular da energia elétrica modelado conforme as receitas supracitadas, têm-se que o equilíbrio de mercado ocorre quando:

$$\hat{R}_g(q_s, p)|_{q_s=q^*, p=p^*} = \hat{R}_d(q_b, p)|_{q_b=q^*, p=p^*} \quad (11)$$

Ou seja,

$$(\hat{g} - q^*) \times \hat{\pi} + q^* \times p^* = (q^* - \hat{d}) \times \hat{\pi} - q^* \times p^* \quad (12)$$

reorganizando as variáveis no intuito de obter representações econômicas para análise tem-se:

$$\frac{1}{2}(\hat{g} + \hat{d}) \times \hat{\pi} = q^* \times (\hat{\pi} - p^*) \quad (13)$$

Portanto, pode-se concluir que a igualdade ocorre quando o preço da média da geração e demanda à mercado é equivalente ao supracitado spread da geradora. No entanto, para que haja um resultado quantificável é necessário arbitrar uma metodologia que vise tanto mitigar o risco do mercado quanto inferir a quantidade demandado pelo comprador e gerada pelo gerador, fazendo-se necessário uma análise sobre as medidas de risco.

e Medidas de Risco

A volatilidade do mercado presente na equação, tal qual a carga produzida são parâmetros que apresentam grande incerteza para sua estimativa, por isso, em primeira análise foi realizado diversos cenários possíveis pelo de preço Spot.

3 Aplicação Proposta

A aplicação proposta, em Julia, visa implementar o conhecimento supracitados de forma a gerar um modelo escalável que possua uma estrutura visando implementações futuras. Sua arquitetura se dá O projeto possui 3 modos:

a Modo 1: Dados Aleatórios

O primeiro modo visa demonstrar o funcionamento dos outros modos, como exemplificar a geração dos gráficos implementado, não havendo a utilização de dados reais, neste caso a própria aplicação gera os dados necessários de mercado e de geração da geradora de forma aleatória, obedecendo a algumas regras básicas de que o preços não devem ser negativo e fixando uma média de condizente com os dados obtidos na média do preço à mercado e a geração encontrada para a geradora analisada no próximo modo. Sendo cada parâmetro gerado da seguinte forma:

1 Criação valores dos Parâmetros

```
for j in 1:Numero_de_Cenarios
    for t in 1:Numero_de_meses*Numero_de_Regioes
        #Gera os dados para cada cenário ao longo do numero de meses para cada regioao
        [t,j] = 80 + rand()*AmplitudeDaOscilacaoPLD;
        Custo_Geracao[t,j] = CustoMedio + rand()*AmplitudeDaOscilacaoGeracao;
        Geracao_Estimada[t,j] = GeracaoMedia + rand()*AmplitudeDaOscilacaoGeracao;
    end
end
for i in 1:Numero_de_contratos*Numero_de_Regioes
    p[i]= PrecoMedioContrato + rand()*AmplitudeDaOscilacaoPreco;
    q[i]= CargaMediaContrato + rand()*AmplitudeDaOscilacaoCarga;
    #Gera a data inicial do contrato
    Data_Ini[i]= rand(1:Numero_de_meses-1);
    #Gera duracao do contrato garantindo que o
    Duracao[i]= rand(1:Numero_de_meses - Data_Ini[i]);
    Porcentagem_Portifolio[i] = rand();
end
for i in 1:Numero_de_Regioes
    ini = 1+ (i-1)*Numero_de_contratos;
    fim = i*Numero_de_contratos;
    #Garante para que seja feita as analises de forma disjunta que os portifolios
    # gerados sejam distintos por regioao
    Porcentagem_Portifolio[ini:fim] = Porcentagem_Portifolio[ini:fim]./
    (Porcentagem_Portifolio[ini:fim]*ones(Numero_de_contratos))
end
```

Após a criação dos dados, o modo gera os nomes dos campos necessários para salvá-los em um arquivo CSV da seguinte forma:

```
for j in 1:Numero_de_Cenarios
    for t in 1:Numero_de_meses*Numero_de_Regioes
        header_cenario[j] = "Cenario j";
    end
end
for t in 1:Numero_de_meses
    Regiao_Matrix_Mes[t,:] = Vetor_Com_As_Regioes_Analisadas;
end
for t in 1:Numero_de_contratos
    Regiao_Matrix_Contratos[t,:] = Vetor_Com_As_Regioes_Analisadas;
end
#Gera a coluna que contem as regioes que cada linha da tabela se encontra
Regiao_Mes = [Regiao_Matrix_Mes[:,1] ' Regiao_Matrix_Mes[:,2] ' Regiao_Matrix_Mes[:,3] '']
```

```
Regiao_Contratos = [Regiao_Matrix_Contratos[:,1] ' Regiao_Matrix_Contratos[:,2] '
                    Regiao_Matrix_Contratos[:,3] '']
```

2 Armazenamento dos Parâmetros criados

Após realizada a criação dos dados, os mesmo são armazenados em planilhas localizada da pasta CSV dentro da pasta do modo 1 chamada Random_Data. O formato no qual as tabelas serão salvas deverá ser mantida para os próximos modos, em que será extraído dados de planilhas ao invés de criá-los. Por se tratar de dados gerados de forma aleatória, as tabelas a seguir representam exemplos reduzidos apenas para ilustrar o formato das planilhas em .CSV, com apenas 3 regiões (Norte, Nordeste e Sudeste), para 3 cenários distintos, com 12 meses de análise e 3 contratos por região.

Table 1: Dados de Contratos (Contratos.csv)

Região	Data Inicial	Duração	Preço de Contrato	Carga do Contrato	Exposição do Portfólio
Sudeste	2	9	104.5326873	524.1470589	0.192987955
Sudeste	2	5	106.6916944	528.3576445	0.138198641
Sudeste	9	2	107.3835465	526.4894558	0.023139242
Nordeste	10	1	100.5282016	544.5049788	0.09881872
Nordeste	4	1	105.6158292	543.4261689	0.028572909
Nordeste	5	2	103.2210457	544.7531327	0.2145228
Norte	10	1	103.9041519	542.6541598	0.248287917
Norte	4	6	102.0659366	521.3637627	0.039483173
Norte	4	3	106.9133095	549.1354252	0.044762651

Table 2: Custo de Geração por Cenário (CustoPorGeracaoEstimado.csv)

Região	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Sudeste	0.100908141	0.103368343	0.10992815
Sudeste	0.107409149	0.100275227	0.102686005
Sudeste	0.102388857	0.104025492	0.107012011
Sudeste	...	...	...
Sudeste	0.107806519	0.109588864	0.102476527
Nordeste	0.102689523	0.102225264	0.109079223
Nordeste	0.104374713	0.104397746	0.103042564
Nordeste	0.103505618	0.106692779	0.106398517
Nordeste	...	...	...
Nordeste	0.102942607	0.103642308	0.102306002
Norte	0.106363388	0.104828702	0.109189702
Norte	0.103493258	0.104601094	0.102925866
Norte	...	...	...
Norte	0.102433982	0.105781766	0.100196087

Table 3: Geração Estimada (GeracaoEstimada.csv)

Região	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Sudeste	514.2313457	544.5178762	526.8854542
Sudeste	510.2342928	500.5351326	533.7436843
Sudeste	522.5324672	532.745442	518.7420913
Sudeste	...	...	...
Sudeste	503.0612285	547.3977741	513.9359674
Nordeste	525.3002753	547.7214372	501.5732428
Nordeste	528.2334163	501.8479256	536.0641391
Nordeste	...	...	...
Nordeste	549.9072681	519.9365319	542.4030598
Norte	513.3474515	510.3782379	516.3164085
Norte	525.5240765	502.6110469	547.3488917
Norte	528.1425649	532.2223772	508.2090229
Norte	...	...	...
Norte	534.2524768	532.1104294	504.4915063

Table 4: Tabela com Cenários de PLD (PLDEstimado.csv)

Região	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Sudeste	117.6789438	89.37993199	90.29260785
Sudeste	89.92534014	89.41946628	100.2268166
Sudeste	86.10253565	115.3145737	84.57977203
Sudeste	...	...	...
Sudeste	88.55203756	86.48297114	83.71411712
Nordeste	87.45277922	98.07183487	85.37524263
Nordeste	118.9565773	96.66926331	83.85406907
Nordeste	118.6547813	88.45890374	115.6627006
Nordeste	...	...	...
Nordeste	85.62093164	82.78195136	117.8001412
Norte	105.1924561	91.57044159	96.707159
Norte	84.97988361	86.90350562	81.92271762
Norte	115.361013	118.3050497	86.42223673
Norte	...	...	...
Norte	114.4161735	98.99413124	90.19732416

3 Cálculo das Receitas

Apesar de armazenar o custo de geração para diversos cenários visando implementações futuras, o projeto em questão para as análises utiliza apenas um dos cenários para o modo 1 e para os demais modos tomou-se como nulo o custos uma vez que, em dados práticos sua ordem de grandeza é consideravelmente inferior aos demais de forma a não impactar o resultado final. Portanto, as receitas pelo programa, são geradas da seguinte forma:

Primeiramente, foi desenvolvida a função que ao passar os parâmetros do contrato, retornaria se o contrato esta ou não em vigor.

```
##### Retorna 1 se o contrato estiver em vigor e 0 caso contrario #####
function durante_o_contrato(Inicio, Duracao, t)
    final_contrato = (Inicio + Duracao)
    if (Inicio<=t) && (final_contrato >= t)
        return 1;
    end
    return 0;
end
```

Após esta, foi realizada a função que, de fato, calcula as receita supracitadas com uma separação para melhor visualização. As receitas consideradas para esta função consideram a parcela nomeada como spread da geradora como a parcela da Comercializadora.

Comercializadoras são empresas que não possuem geração de energia, tampouco possui uma demanda relevante, sua receita baseia-se em fechar contratos de fornecimento de energia para realizar a compra a mercado ao longo do contrato. Dessa forma, seu lucro independe da sua geração ou demanda, variando apenas, fixado os parâmetros do contrato, com os cenários de PLD adquiridos. Por outro lado, caso haja uma geração de energia, seu lucro também deverá ser analisado e esta possui dependência ao risco de Geração, não interessando o valor à mercado. Por isso a receitas consideradas foram:

$$Receita_{geracao}(q_s, p) = \hat{g} \times (\hat{p} - Custo_{geracao}) \quad (14)$$

$$Receita_{comercializadora}(q_s, p) = (p - \hat{p}) \times q_s \quad (15)$$

De forma que, se desprezado o custo de geração, têm-se que:

$$\hat{R}_g(q_s, p) = Receita_{comercializadora}(q_s, p) + Receita_{geracao}(q_s, p) \quad (16)$$

Por fim, gerou-se a seguinte função:

```
##### Define funcao preco dos contratos #####
function Define_Receitas(Numero_de_contratos,
    Numero_de_meses,
    Numero_de_Cenarios,
    Data_Ini,
    Duracao,
    p,
    q,
    Preco_Spot,
    Custo_Geracao,
    Geracao_Estimada,
    Porcentagem_Portifolio)

Serie_temporal_Contratos= convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_contratos,Numero_de_meses));
h = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_contratos,Numero_de_meses))
R_Comercializadora = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_contratos,Numero_de_meses));
R_Gerador = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_contratos,Numero_de_meses));
R_Portifolio_Geradora = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_Cenarios,Numero_de_meses));
R_Portifolio_Comercializadora = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_Cenarios,Numero_de_meses));
for j in 1:Numero_de_Cenarios
    for i in 1:Numero_de_contratos
        for t in 1:Numero_de_meses
            h[i,t] = durante_o_contrato(Data_Ini[i],Duracao[i],t);
            R_Comercializadora[i,t] = (p[i] - Preco_Spot[t,j])*q[i]*h[i,t];
            R_Gerador[i,t] = Geracao_Estimada[i]*(Preco_Spot[i,j] - Custo_Geracao[t] );

            Serie_temporal_Contratos[i,t]= p[i]*h[i,t]
        end
    end
    R_Portifolio_Comercializadora[j,:] = Porcentagem_Portifolio'*R_Comercializadora
    R_Portifolio_Geradora[j,:] = Porcentagem_Portifolio'*R_Gerador
end
return R_Portifolio_Geradora,R_Portifolio_Comercializadora,R_Comercializadora,
    R_Gerador,Serie_temporal_Contratos,h;
end
```

4 Armazenamento das Receitas

Após a realização das receitas da comercializadora e da geradora, o códigos os armazenam em planilhas separadas localizado dentro da pasta Receitas em CSV. No caso, os dados obtidos são expressos cada cenário obtido por coluna e cada região possui seus próprios arquivos de receita, conforme as tabelas a seguir:

Table 5: Receita Geração (ReceitaGeracao_(Nome Da Região).csv)

Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
50237.94472	65610.99327	56578.54477
54870.54311	45942.26057	45109.88074
59063.63023	47104.05409	43149.74891
63594.83957	51482.44208	63690.96315
56436.14128	54698.75816	60147.21383
59272.50158	53413.8713	62847.32306
51135.86042	47051.93729	58227.67019
45889.4903	59951.70414	61192.17895
54179.439	41194.80133	46964.49581
51409.24007	60689.37747	60773.49829
49382.15414	56238.67281	50404.12086

Table 6: Receita Comercializadora (ReceitaComercializadora_(Nome Da Região).csv)

Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
781.5227365	-602.8331386	210.5464014
167.6580181	2476.743141	2692.018126
-2165.71774	1954.650883	3317.00644
-2393.747579	1525.114814	-2424.847541
-105.0670379	1046.940983	-2565.770886
-2406.780724	1468.367485	-4771.320289
3045.092673	5436.364732	-1107.396506
7734.176801	-1626.181661	-2451.890119
-761.8599789	8594.47457	4437.008402
2490.579074	-1208.330473	-1241.859645
1402.273967	-46.38731683	1186.350451

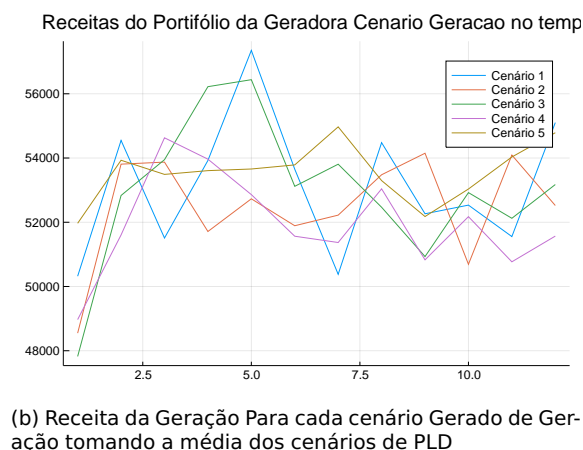
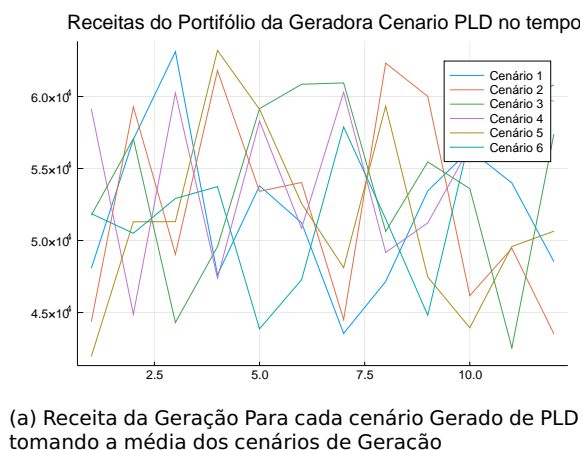
5 Gráficos Gerados

Os Resultados armazenados anteriormente são então analisados de forma gráfica sobre a seguinte representação:



Figure 2: Curva de Contratos com os preços ao longo do período

A figura 2 visa representar de forma visual o quanto do período analisado a comercializadora está fechada em um ou mais contratos, bem como sua representação de ordem de grandeza do Preço acordado pelo MWh.



Na ??, esta sendo analisada os dois cenários capazes de oscilar a receita da geração: a custo da energia à mercado e as gerações de energia da determinada fornecedora. Supondo-as decorrelatadas, ambas grandezas foram analisadas separadamente, considerando o cenário médio da outra para não gerar ruídos maiores.

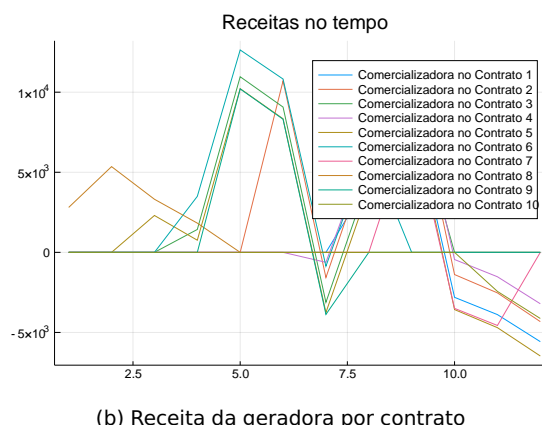
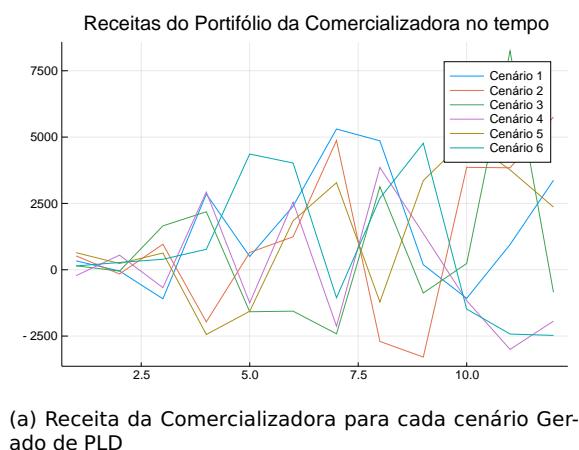


Figure 4: Resultados da comercializadora

Por fim, em 4 pode-se compreender o comportamento da receita por 2 gráficos: a primeira, análoga ao caso da receita da Geração, têm-se a Receita resultante no tempo para cada caso distinto de PLD; Já o segundo visa representar o quanto cada contrato representa para comercializadora de forma adimensional, para isto, em cada curva de contrato foi realizada uma hipótese de que 100% da carteira estaria exposta ao mesmo, criando uma métrica para realizar comparações de retorno entre os contratos.

b Modo 2: Exemplo Padrão

Análogo ao modo anterior, este também se propõe a geração de receita e gráficos para compreensão do dado. No entanto, este possui o diferencial de estar se baseando em dados fornecidos pelo Prof. Alexandre Street, sendo uma planilha de Gestão de Risco do CTEE, onde foi extraído 2000 cenários de preço de da energia elétrica à mercado gerados através de um simulador para o ano de 2018, seguido de 2000 cenários de Geração da usina hidrelétrica de Paraibuna. Com isso, seus resultados tendem a ser mais verossímeis quanto o comportamento da receita.

1 Geração dos dados de contrato

A geração dos Dados dos contratos foram realizadas baseados do na média nos cenários de PLD e geração no período. Primeiro, realizou-se a criação de forma aleatória as datas de início e duração dos contratos para

Table 7: Informações dos Contratos (Contratos_DB.csv)

Região	Data Inicial	Duração	Preço de Contrato	Carga do Contrato	Exposição do Portfólio
Norte	10	1	113.225	584.7149955	0.042653764
Norte	3	4	70.3864	697.8821292	0.001630144
Norte	6	5	93.0791	518.1753919	0.168353473
Norte	4	6	83.1962	566.5733745	0.164004655
Norte	5	2	76.4709	558.7693526	0.174558543
Norte	4	3	73.5824	627.3904636	0.091369253
Norte	10	1	113.225	584.7149955	0.060604521
Norte	6	3	83.0063	484.9055901	0.068439006
Norte	8	1	86.9549	454.1478609	0.127843654
Norte	3	6	75.1203	628.2437668	0.100542987
Sudeste	10	1	101.741	584.7149955	0.042653764
Sudeste	3	4	72.3461	697.8821292	0.001630144
Sudeste	6	5	88.5629	518.1753919	0.168353473
Sudeste	4	6	81.3821	566.5733745	0.164004655
Sudeste	5	2	76.9779	558.7693526	0.174558543
Sudeste	4	3	75.1377	627.3904636	0.091369253
Sudeste	10	1	101.741	584.7149955	0.060604521
Sudeste	6	3	81.9737	484.9055901	0.068439006
Sudeste	8	1	84.7175	454.1478609	0.127843654
Sudeste	3	6	75.8808	628.2437668	0.100542987
Nordeste	10	1	110.94	584.7149955	0.042653764
Nordeste	3	4	71.2086	697.8821292	0.001630144
Nordeste	6	5	93.2688	518.1753919	0.168353473
Nordeste	4	6	83.5601	566.5733745	0.164004655
Nordeste	5	2	77.7309	558.7693526	0.174558543
Nordeste	4	3	74.549	627.3904636	0.091369253
Nordeste	10	1	110.94	584.7149955	0.060604521
Nordeste	6	3	84.4333	484.9055901	0.068439006
Nordeste	8	1	87.9864	454.1478609	0.127843654
Nordeste	3	6	76.0022	628.2437668	0.100542987

que, posteriormente fosse acrescido como o preço do MWh como sendo a média do PLD durante o período de contrato ativo na região na qual será realizado o fornecimento; analogamente para a carga do contrato, foi tomado como carga justa, a média dos cenários de geração no período, não havendo segregação por região, uma vez que foi considerado apenas uma usina, fixando a geração em uma única região.

2 Leitura das planilhas fornecidas

Conforme a arquitetura expressa no primeiro modo as planilhas criadas para a leitura da aplicação são da seguinte forma:

3 Receitas Geradas

Visando não poluir os gráficos com muitas curvas, foi acrescentado parâmetros passados pela interface do usuário que limitam o número de cenários de PLD e geração se desejam no cálculo da receita e nas demais análises, por conseguinte. Com isso, para as tabelas geradas a seguir, foram tomadas 6 cenários de PLD e 5 de Geração, obtendo as seguintes tabelas:

Por fim, apesar de se tratar de um dado que seu cenário por geração não se altere por região, a média do PLD utilizado para evitar os cenários de PLD na receita variam, por isso apesar de não intuitivo, seque abaixo os dados das Receitas de Geração por Cenário de Geração da Usina regionalizadas:

Table 8: Cenários de PLD por Região (Estimados_DB.csv)

Regiao	Cenario 1	Cenario 2	Cenario 3	Cenario 4	...	Cenario 2000
Sudeste	39.34	24.41	39.34	12.2	...	15.32
Sudeste	67.28	12.2	22.02	58.67	...	54.59
Sudeste	45.97	12.2	12.2	68.52	...	87.47
Sudeste	46.29	49.39	12.2	74.09	...	101.57
Sudeste	92.72	70.81	12.2	44.51	...	151.89
Sudeste	62.4	46.89	12.2	24	...	101.05
Sudeste	56.71	30.1	12.2	18.01	...	127.62
Sudeste	89.29	38.44	12.2	28.64	...	145.59
Sudeste	85.31	50.49	12.2	26.71	...	109.34
Sudeste	90.03	37.83	12.2	34.11	...	104.38
Sudeste	106.65	45.69	12.2	67.51	...	120.98
Sudeste	146.64	34.47	12.2	58.63	...	125.87
Nordeste	35.15	23.37	35.15	12.2	...	15.32
Nordeste	67.29	12.2	22.02	24.623	...	54.63
Nordeste	34.093	12.2	12.2	66.62	...	87.47
Nordeste	45.743	49.39	12.2	24.697	...	101.57
Nordeste	88.51	70.81	12.2	42.447	...	151.89
Nordeste	58.08	46.89	12.2	23.5	...	101.05
Nordeste	51.72	30.09	12.2	16.42	...	127.63
Nordeste	86.947	39.75	12.2	27.723	...	145.6
Nordeste	85.307	51.09	12.2	26.71	...	109.34
Nordeste	90.027	37.83	12.2	34.1	...	104.39
Nordeste	106.65	152.52	12.2	66.943	...	120.98
Nordeste	128.18	46.58	12.2	57.927	...	125.87
Norte	35.15	23.37	35.15	12.2	...	15.317
Norte	67.28	12.2	22.02	24.617	...	54.63
Norte	34.093	12.2	12.2	66.62	...	87.47
Norte	45.743	49.39	12.2	24.697	...	101.57
Norte	88.503	70.81	12.2	42.447	...	151.88
Norte	58.08	46.89	12.2	23.5	...	101.05
Norte	51.72	30.09	12.2	16.42	...	127.63
Norte	87.27	39.75	12.2	28.64	...	145.6
Norte	88.26	51.09	12.2	26.71	...	109.33
Norte	126.74	69.98	12.2	34.11	...	104.38
Norte	116.65	126.56	12.2	66.943	...	120.98
Norte	128.18	46.58	12.2	57.927	...	125.87

Table 9: Cenários de Geração de Energia na usina em MWh (Geracao_DB.csv)

Cenario 1	Cenario 2	Cenario 3	Cenario 4	...	Cenario 2000
1090.763979	623.8521983	1181.480984	968.5984137	...	692.6459265
1251.428571	569.5839904	1251.428571	1251.428571	...	508.8683955
1013.060545	841.195021	1251.428571	1251.428571	...	442.2453956
1164.63354	658.9834382	1251.428571	1251.428571	...	467.2357703
819.4337396	598.1922457	1170.789337	824.7579638	...	489.3858389
714.2344136	458.8120485	658.2598621	557.7043828	...	611.3894099
488.6514631	461.3283654	547.8875069	528.232156	...	443.0769681
372.9656834	503.1769834	493.1765137	469.6872894	...	318.7298745
533.5887791	636.1529921	532.4656162	505.6501018	...	540.1225634
633.4422816	578.1049091	923.4235055	629.6732061	...	447.2456305
546.9371383	511.6871024	550.1770313	547.7471116	...	486.0163501
654.0588008	540.8029409	715.3035783	902.6773906	...	650.2249274

Table 10: Receita Comercializador Nordeste (ReceitaComercializadora_Nordeste.csv)

Cenario 1	Cenario 2	Cenario 3	Cenario 4	Cenario 5	Cenario 6
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
2689.440279	4097.229213	4097.229213	597.8516132	4097.229213	-742.869132
7105.579691	6323.123055	14302.164	11620.95736	14302.164	-4871.992736
-3121.367037	2402.554918	20693.91456	11254.24974	20693.91456	-22901.37684
10319.73438	15159.51087	30163.25049	25275.89801	30163.25049	-8265.180337
13070.49206	22425.66324	30163.25049	28338.06222	30163.25049	-19761.27141
-477.6276432	15313.034	24530.41494	19336.89754	20880.26517	-20101.11382
71.06581388	11519.01948	24530.41494	19675.81612	21449.03278	-7969.635316
944.5522614	13499.70365	19664.58918	14396.89534	18091.49705	-2510.237082
-908.314847	-7679.336666	13033.76082	4952.966238	11864.66353	-3023.613357
0	0	0	0	0	0

Table 11: Receita Comercializador Nordeste (ReceitaComercializadora_Norte.csv)

Cenario 1	Cenario 2	Cenario 3	Cenario 4	Cenario 5	Cenario 6
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
2632.799245	4040.588179	4040.588179	541.2105799	4040.588179	-799.5101652
6959.715256	6177.25862	14156.29956	11475.09293	14156.29956	-5017.857171
-3387.944704	2133.792648	20425.15229	10985.48747	20425.15229	-23167.01825
9987.066251	14826.84274	29830.58236	24943.22988	29830.58236	-8597.848468
12737.82393	22092.99511	29830.58236	28005.39409	29830.58236	-20093.93954
-799.0076507	15099.71984	24317.10078	18816.78344	20646.87686	-20314.42799
-1130.23114	11305.70532	24317.10078	19462.50196	21235.71862	-8179.603786
-7798.573142	5854.134729	19752.18725	14482.08807	18179.09511	-2420.233677
-2263.035895	-3725.883643	13155.17272	5074.378135	11986.07542	-2902.20146
0	0	0	0	0	0

Table 12: Receita Comercializador Sudeste (ReceitaComercializadora_Sudeste.csv)

Cenario 1	Cenario 2	Cenario 3	Cenario 4	Cenario 5	Cenario 6
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
1919.33751	4090.854995	4090.854995	469.3014047	4090.854995	-749.2433493
6813.21324	6148.114372	14127.15531	848.7782271	14127.15531	-5047.001419
-4683.703808	2154.100148	20445.45979	10361.96158	20445.45979	-23149.83161
7710.688181	14418.90385	29422.64347	24319.03645	29422.64347	-9005.787357
10171.66479	21680.73113	29422.64347	26909.76578	29422.64347	-20497.55334
-2153.517078	14859.32578	23638.4211	18138.10376	19968.19718	-20989.76198
-821.9317369	10827.76715	23638.4211	18783.82228	20654.064	-8861.629159
-224.4823696	12331.39062	18496.27615	13226.17697	17603.89514	-3676.144772
-1874.246655	7124.259778	12067.82901	3903.337692	10979.91903	-3989.545165
0	0	0	0	0	0

Table 13: Receita de Geração por cenário de PLD na Região Nordeste (ReceitaGeracao_Cenario_PLD_Nordeste.CSV)

Cenario 1	Cenario 2	Cenario 3	Cenario 4	Cenario 5	Cenario 6
35966.35275	23912.76426	35966.35275	12483.34292	12483.34292	15675.80438
75032.36418	13603.72779	24553.6136	27456.11388	13603.72779	60915.70895
36873.47243	13194.97737	13194.97737	72053.2289	13194.97737	94603.66154
47077.55624	50830.9578	12555.93612	25417.53725	12555.93612	104533.3141
74488.20051	59592.24357	10267.26976	35722.52454	10267.26976	127827.5085
35496.45027	28657.51641	7456.210283	14362.37227	7456.210283	61758.20075
25620.47647	14905.64843	6043.499863	8133.956373	6043.499863	63223.92521
37545.9665	17165.07951	5268.275976	11971.50942	9979.496542	62873.85099
46351.69978	27759.83614	6628.890212	14512.92275	11633.15897	59410.07015
57574.48484	24193.21716	7802.200618	21807.79025	11984.69177	66759.97725
57390.99172	82074.76847	6565.120478	36023.67706	10827.06754	65102.31766
85962.15496	31238.23668	8181.762291	38847.94625	29355.76072	84412.98521

Table 14: Receita de Geração por cenário de PLD na Região Norte (ReceitaGeracao_Cenario_PLD_Norte.CSV)

Cenario 1	Cenario 2	Cenario 3	Cenario 4	Cenario 5	Cenario 6
35966.35275	23912.76426	35966.35275	12483.34292	12483.34292	15672.73471
75021.21358	13603.72779	24553.6136	27449.42352	13603.72779	60915.70895
36873.47243	13194.97737	13194.97737	72053.2289	13194.97737	94603.66154
47077.55624	50830.9578	12555.93612	25417.53725	12555.93612	104533.3141
74482.30946	59592.24357	10267.26976	35722.52454	10267.26976	127819.0927
35496.45027	28657.51641	7456.210283	14362.37227	7456.210283	61758.20075
25620.47647	14905.64843	6043.499863	8133.956373	6043.499863	63223.92521
37685.44627	17165.07951	5268.275976	12367.49377	10005.4061	62873.85099
47956.21722	27759.83614	6628.890212	14512.92275	11633.15897	59404.63663
81053.35297	44753.93436	7802.200618	21814.1855	11984.69177	66753.582
62772.23801	68105.05309	6565.120478	36023.67706	10827.06754	65102.31766
85962.15496	31238.23668	8181.762291	38847.94625	28213.66718	84412.98521

Table 15: Receita de Geração por cenário de PLD na Região Sudeste (ReceitaGeracao_Cenario_PLD_Sudeste.CSV)

Cenario 1	Cenario 2	Cenario 3	Cenario 4	Cenario 5	Cenario 6
40253.66478	24976.91808	40253.66478	12483.34292	12483.34292	15675.80438
75021.21358	13603.72779	24553.6136	65420.54995	13603.72779	60871.10656
49719.10736	13194.97737	13194.97737	74108.18439	13194.97737	94603.66154
47640.51502	50830.9578	12555.93612	76251.58258	12555.93612	104533.3141
78031.25016	59592.24357	10267.26976	37458.70303	10267.26976	127827.5085
38136.6821	28657.51641	7456.210283	14667.95466	7456.210283	61758.20075
28092.36699	14910.60212	6043.499863	8921.592831	6043.499863	63218.97152
38557.73458	16599.38758	5268.275976	12367.49377	10005.4061	62869.53273
46353.32983	27433.82515	6628.890212	14512.92275	11475.58699	59410.07015
57576.40341	24193.21716	7802.200618	21814.1855	10174.83703	66753.582
57390.99172	24586.91431	6565.120478	36328.79373	10531.099	65102.31766
98342.10019	23116.83165	8181.762291	39319.40353	28213.66718	84412.98521

Table 16: Receita de Geração por Cenário de Geração da Usina (ReceitaGeracao_Cenario_Geracao_Nordeste.CSV)

Cenario 1	Cenario 2	Cenario 3	Cenario 4	Cenario 5
24249.50119	13869.27412	26266.29141	21533.55707	27821.34285
40246.56856	18318.10592	40246.56856	40246.56856	40246.56856
37953.13141	31514.39007	46883.31141	46883.31141	39361.93485
47711.15402	26996.35485	51266.85713	51266.85713	33568.14159
51632.11022	37691.79431	73770.85073	51967.58692	50075.17168
30226.40038	19416.92589	27857.55736	23602.04948	28219.53376
20381.65253	19242.00612	22852.38791	22032.56323	18800.56206
20844.43044	28121.72297	27562.81339	26250.03979	17891.14252
27218.09683	32449.84605	27160.80485	25792.95887	25958.77507
31385.6926	28643.84569	45753.63395	31198.94307	21453.18627
43701.46238	40884.90814	43960.33685	43766.181	42673.73073
45187.83245	37363.17385	49419.13205	62364.47645	37331.09028

Table 17: Receita de Geração por Cenário de Geração da Usina (ReceitaGeracao_Cenario_Geracao_Norte.CSV)

Cenario 1	Cenario 2	Cenario 3	Cenario 4	Cenario 5
24248.95581	13868.9622	26265.70067	21533.07277	27820.71713
40243.23141	18316.58703	40243.23141	40243.23141	40243.23141
37953.13141	31514.39007	46883.31141	46883.31141	39361.93485
47711.15402	26996.35485	51266.85713	51266.85713	33568.14159
51629.78849	37690.09943	73767.53349	51965.25011	50072.91996
30226.40038	19416.92589	27857.55736	23602.04948	28219.53376
20381.65253	19242.00612	22852.38791	22032.56323	18800.56206
20925.23967	28230.74465	27669.6683	26351.80537	17960.50251
27479.82212	32761.87909	27421.97923	26040.98024	26208.39091
38655.81523	35278.85208	56351.91942	38425.8074	26422.56188
42246.60959	39523.82044	42496.86595	42309.17369	41253.09186
45002.18876	37209.67595	49216.10505	62108.26652	37177.72419

Table 18: Receita de Geração por Cenário de Geração da Usina (ReceitaGeracao_Cenario_Geracao_Sudeste.CSV)

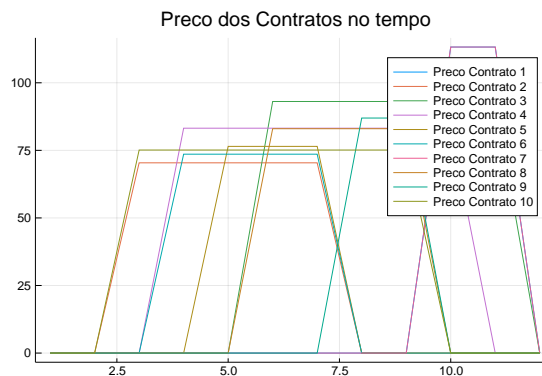
Cenario 1	Cenario 2	Cenario 3	Cenario 4	Cenario 5
25962.00064	14848.72207	28121.21655	23054.25658	29786.0857
47337.37141	21545.46374	47337.37141	47337.37141	47337.37141
40279.28727	33445.91403	49756.79998	49756.79998	41774.43658
57404.78719	32481.29367	61682.91426	61682.91426	40388.29208
52488.82819	38317.2043	74994.91098	52829.87137	50906.05579
30800.1687	19785.5049	28386.35945	24050.072	28755.20701
20917.5403	19747.92956	23453.23788	22611.85782	19294.87876
20968.75233	28289.44864	27727.20556	26406.60222	17997.8502
27139.21462	32355.80143	27082.08868	25718.20693	25883.54257
31087.23571	28371.46192	45318.54757	30902.26204	21249.18086
33964.79629	31775.76906	34165.99364	34015.09563	33166.04279
45771.03488	37845.3898	50056.94441	63169.36379	37812.89216

4 Gráficos e Análises

Primeiramente, tomou-se como gráfico inicial, a de Preço do contrato durante o período em que esta em vigor, visando, novamente compreender a exposição por contrato do portfólio em questão. Uma vez que o preço justo baseado na média do PLD não é o mesmo por região, para este caso, os gráficos foram gerados regionalmente, demonstrando uma ligeira alteração nos valores.



(a) Curva de Contratos com os preços ao longo do período na Região Sudeste

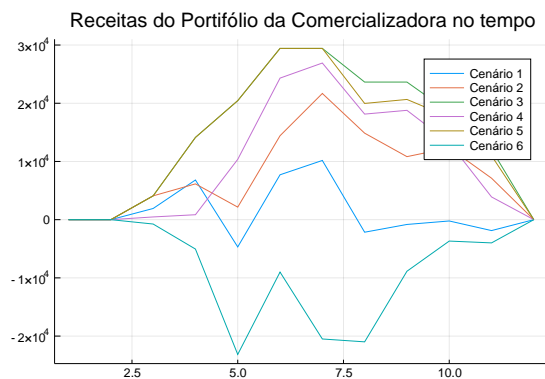


(b) Curva de Contratos com os preços ao longo do período na Região Norte



(c) Curva de Contratos com os preços ao longo do período na Região Nordeste

Visando analisar a receita da comercializadora para diferentes regiões do país com distintos cenários de PLD, gerou-se um gráfico por região em que cada curva representa um cenário distinto da previsão retirada da planilha fornecida. Além disso, outro parâmetro significativo, conforme já mencionado no modo 1, é a possibilidade de comparar as receitas por contratos e, com isso, conseguir mitigar o risco/retorno de cada um retirando as porcentagens de alocação do contrato na carteira e considerando a cada curva um portfólio mono-contrato em um contrato distinto. Vale ressaltar que para que fosse possível a extração das informações do segundo gráfico, foi necessário que houvesse a suposição de que o preço da energia a mercado para cada mês se encontrasse na média dos cenários analisados, reduzindo um grau de complexidade do gráfico ao passo que ainda o mantém verossímil.

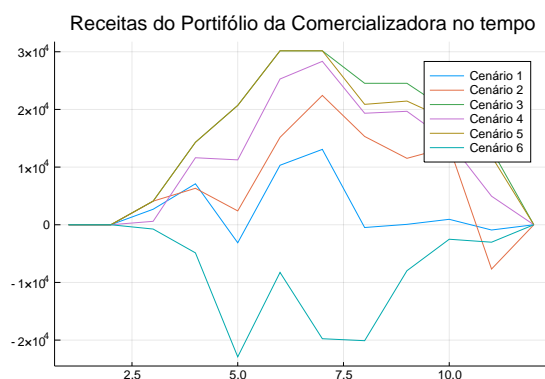


(a) Receita da Comercializadora para cada cenário Gerado de PLD na Região Sudeste

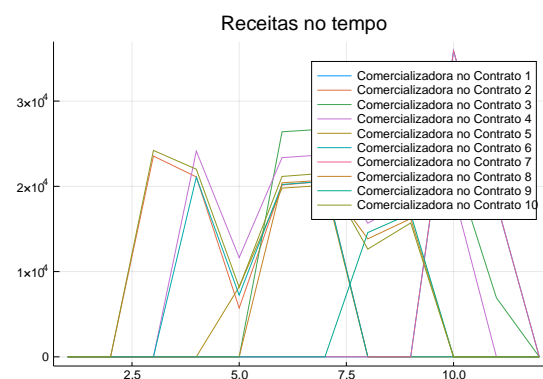


(b) Receita da Comercializadora por contrato na região Sudeste considerando PLD médio do período

Figure 6: Resultados da comercializadora na Região Sudeste

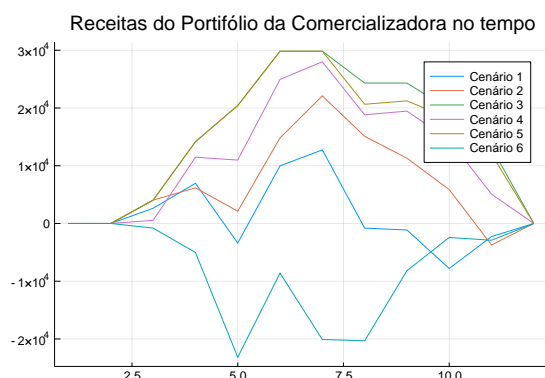


(a) Receita da Comercializadora para cada cenário Gerado de PLD na Região Nordeste

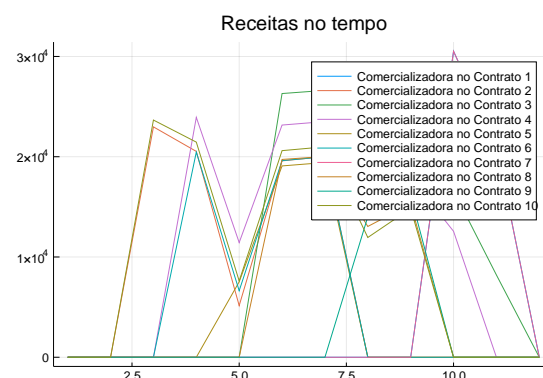


(b) Receita da Comercializadora por contrato na região Nordeste considerando PLD médio do período

Figure 7: Resultados da comercializadora na Região Nordeste



(a) Receita da Comercializadora para cada cenário Gerado de PLD na Região Norte

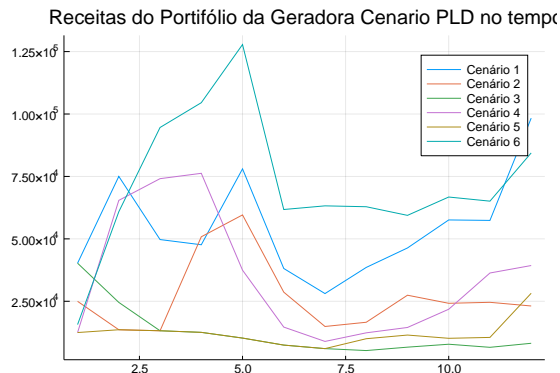


(b) Receita da Comercializadora por contrato na região Norte considerando PLD médio do período

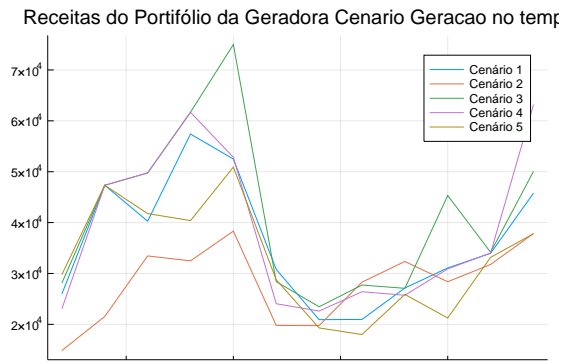
Figure 8: Resultados da comercializadora na Região Norte

Analisando por sua vez a receita da Geração de energia, sua variação será representada, análogo a modo 1 através de suas 2 variações, um gráfico em que cada curva representa a receita sob um cenário de PLD diferente e um em que cada curva representa a receita sob um cenário de geração distinto. No intuito de torná-los o mais verossímil possível, foi arbitrado que quando um cenário está sendo analisado, considera-se a

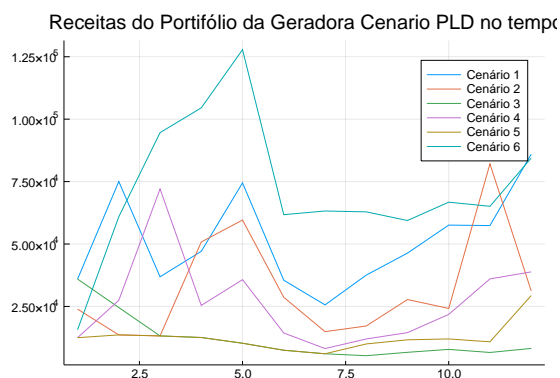
média do outro, dessa forma foi calculado para cada mês a média de ambos os cenários e usados para gerar os seguintes gráficos por região.



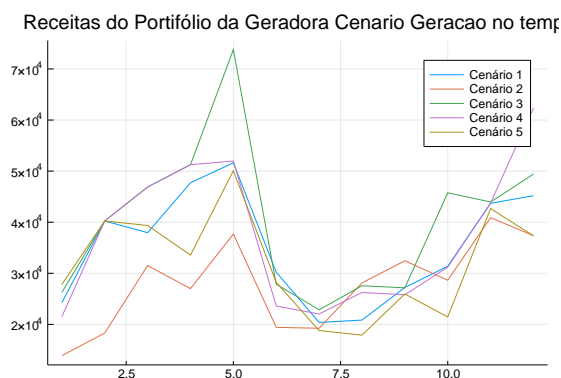
(a) Receita da Geração Para cada cenário Gerado de PLD tomando a média dos cenários de Geração na região Sudeste



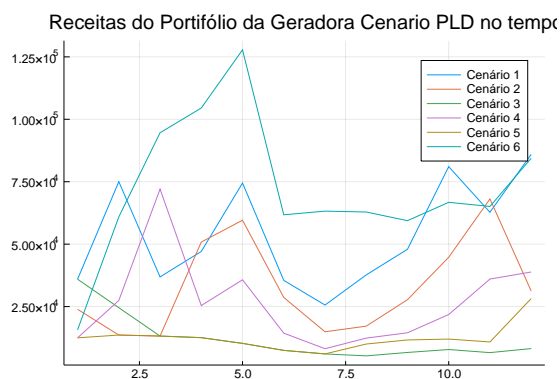
(b) Receita da Geração Para cada cenário Gerado de Geração tomando a média dos cenários de PLD na Região Sudeste



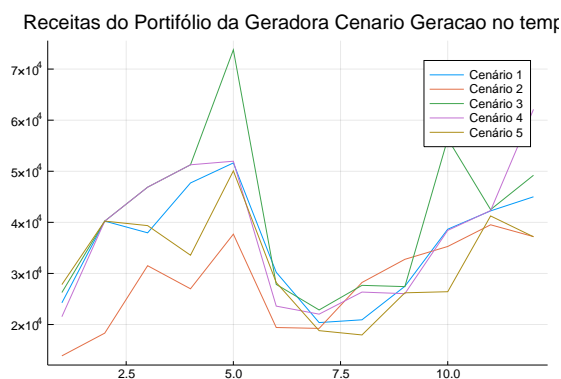
(a) Receita da Geração Para cada cenário Gerado de PLD tomando a média dos cenários de Geração na região Nordeste



(b) Receita da Geração Para cada cenário Gerado de Geração tomando a média dos cenários de PLD na Região Nordeste



(a) Receita da Geração Para cada cenário Gerado de PLD tomando a média dos cenários de Geração na região Norte



(b) Receita da Geração Para cada cenário Gerado de Geração tomando a média dos cenários de PLD na Região Norte

Apesar dos cenários de geração não variarem por região, o PLD médio calculado para cada gráfico utilizado varia, e portanto, ainda pode-se perceber algumas alterações relevantes entre os gráficos que tornam pertinentes suas representações regionais, apesar de contra intuitivo.

c Modo 3: Dados Retirados de Planilhas

Este modo tem um intuito apenas auxiliar projetos que venham a utilizá-lo como base para análises de contratos futuros sem que haja a necessidade inicial de alterá-lo. Sua funcionalidade é análoga ao modo 2 com a única diferença de extrair os dados de um outro caminho, não havendo a necessidade de se desfazer do modelo exemplo utilizado

d Arquitetura Completa

Por fim, o conjunto de 3 modos implementados pode ser resumido em sua arquitetura de pastas, bem como a função de cada arquivo através na ilustração a seguir:

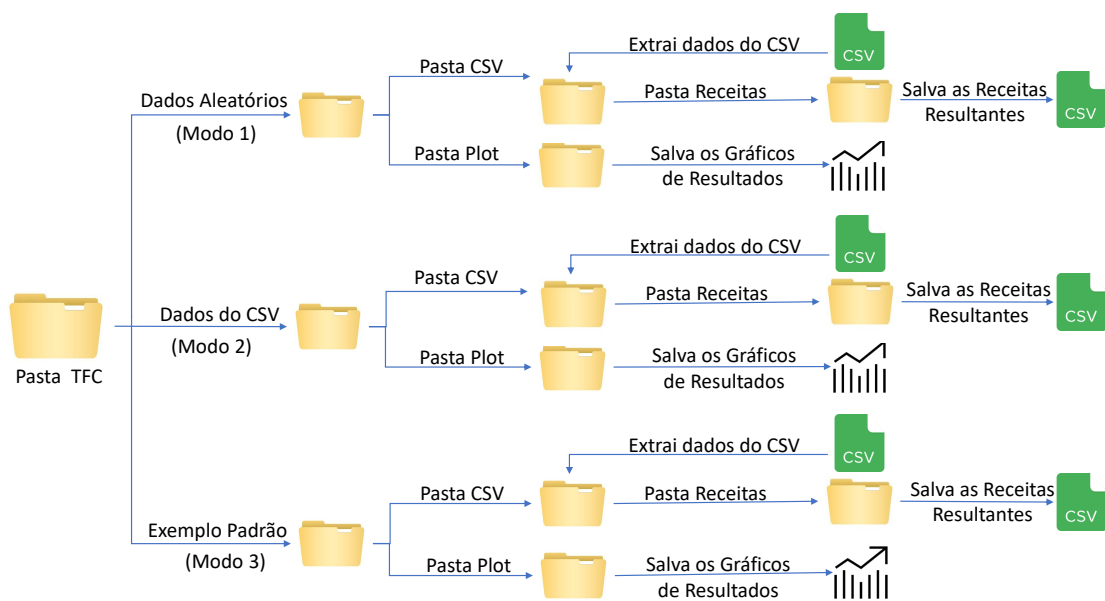


Figure 12: Arquitetura do Projeto

4 Conclusão e trabalhos futuros

A aquisição dos Retornos esperados para diferentes cenários de preço do MWh ao longo de um ano com diferentes cenários de geração para uma fábrica específica, trouxe consigo uma quantidade grande de cenários que, no caso proposto com 2000 cenários possíveis tanto para o PLD quanto para a geração, resulta em 4 milhões de possibilidades. Tal quantidade de dados trouxe desafios para o desenvolvimento de uma análise que fosse, de fato, utilizado todos os dados ao passo que ainda passasse análises gráficas e empíricas do retorno fornecido por cada contrato. Para solucionar este problema, os objetivos foram abordados de formas distintas, para que houvesse uma análise visual para que os resultados de otimizações futuras possam ser averiguadas, o código criado se propõe a gerar gráficos com informações não vinculada aos cenários, o gráfico da receita do contrato no tempo, e aos vinculados tomou-se um subconjunto dos cenários para que não haja muitas curvas de retornos juntas, dificultando a extração das informações de forma visual. Visando o projeto proposto como um template que permite a extração dos dados do csv e gerando o gráficos e concluindo ao final o cenário mais plausível para o retorno da comercializadora, os trabalhos futuros que o terão como base, possuem o desafio de aumentar o grau de liberdade do projeto, que poderá ser utilizado para a inferência de um preço justo do contrato, ou escolher entre duas ou mais carteiras de contratos que uma comercializadora possa vir a encontrar como possibilidade no mercado. Outra abordagem interessante seria o acréscimo de otimizações robustas que leva-se em consideração os métodos estatísticos como o CVaR, que é uma das métricas utilizadas pelo CCEE em suas análises de risco e representa a média do retorno dos 5% piores cenários.

Referências

- [1] G. C. O. M. V. P. Mateus A. Cavaliere, Sergio Granville, "A Forward Electricity Contract Price Projection: A Market Equilibrium Approach ." 2019.
 - [2] W. C. Kim and R. Mauborgne, "Blue Ocean Strategy." *Harvard Business Review Press*, 2004.
 - [3] "Definition of 'Bid-ask Spread'." *The Economic Times*, 2019. [Online]. Available: <https://economictimes.indiatimes.com/definition/bid-ask-spread>
 - [4] "CCEE aprova adesão do ONS ao mercado livre de energia." *Canal Energia*, 2019. [Online]. Available: <https://www.canalenergia.com.br/noticias/53099294/ccee-aprova-adesao-do-ons-ao-mercado-livre-de-energia>
 - [5] [Online]. Available: <https://tableconvert.com/?output=latex>
 - [6] "MERCADO LIVRE (ACL) X MERCADO CATIVO (ACR) ." *Mercado Livre de Energia Eletrica*, 2019. [Online]. Available: <https://www.mercadolivredeenergia.com.br/mercado-livre-de-energia/>
- [1] [2] [3] [4] [5] [6]

A Apêndice

a InterfaceUser.jl

```
import Pkg
Pkg.activate(@__DIR__)
Pkg.instantiate()
println("Excellent! Everything is good to go!")
println(@__DIR__)
include("TFC.jl");
include("PlotGenerator.jl")
include("function.jl")
Pkg.pwd()

#mode = 1 para dados aleatorios
#mode = 2 para retirar dados do CSV
#mode = 3 para utilizar dados exemplo fixados na função
mode = 2;
Numero_de_Cenarios_PLD = 6;
Numero_de_Cenarios_Geracao = 5;
Numero_de_contratos = 10;
Regioes_Analisadas = ["Sudeste", "Nordeste", "Norte"];
Numero_de_meses = 12;

Grafico_Contrato,
    Graf_Comercializador,
    Graf_Portifolio_Comercializadora,
    Graf_Portifolio_Geradora_Cenario_PLD,
    Graf_Portifolio_Geradora_Cenario_Geracao = main(mode,
                                                    Numero_de_Cenarios_PLD,
                                                    Numero_de_Cenarios_Geracao,
                                                    Numero_de_contratos,
                                                    Numero_de_meses,
                                                    Regioes_Analisadas);

Graf_Comercializador
Grafico_Contrato
Graf_Portifolio_Geradora_Cenario_PLD
Graf_Portifolio_Geradora_Cenario_Geracao
Graf_Portifolio_Comercializadora
```

#####

b TFC.jl

```
using JuMP, GLPK, CSV, Plots, LinearAlgebra, Dates, DataFrames, Parameters;
include("Function.jl")
include("PlotGenerator.jl")
##### Gera valores aleatorios para teste #####

function main(mode, Numero_de_Cenarios_PLD, Numero_de_Cenarios_Geracao,
              Numero_de_contratos, Numero_de_meses, Regioes_Analisadas)
    #Inicializa As Variaveis Principais
    #parametros Contrato
    Data_Ini = convert{Array{Int64}, zeros(Numero_de_contratos, 1)};
```

```

Duracao = convert(Array{Int64},zeros(Numero_de_contratos,1));
Porcentagem_Portifolio = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_contratos,1));
#parametros temporais
Custo_Geracao = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_meses,1));
#Parametros que dependem do tempo e do contrato
R_Comercializadora = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_contratos,Numero_de_meses));
R_Gerador = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_contratos,Numero_de_meses));
R_Portifolio = convert(Matrix{Float64},zeros(1,Numero_de_meses));
Geracao_Estimada = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_contratos,Numero_de_meses));
#preco e carga prometida no contrato
p = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_contratos,1));
q = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_contratos,1));
#Parametros Auxiliares
h = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_contratos,Numero_de_meses));
Serie_temporal_Contratos= convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_contratos,Numero_de_meses));
#Headers para a escrita do csv
header_Geracao = Array{Union{Missing, String}}(missing, Numero_de_meses);
Numero_de_Regioes = size(Regioes_Analisadas,1);
##### Utilizacao do mode #####
#####
for regioao in Regioes_Analisadas
    if (mode == 1)
        #Numero_de_Cenarios = 1;
        Preco_Spot = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_meses,Numero_de_Cenarios));
        path_mode = "Random_Data";
        Preco_Spot,Custo_Geracao,Data_Ini,Duracao,Geracao_Estimada,p,q,
            Porcentagem_Portifolio,header_Geracao = Generate_Data(
                Numero_de_meses,
                Numero_de_contratos,
                Numero_de_Cenarios_PLD,
                Numero_de_Cenarios_Geracao,
                regioao,
                Numero_de_Regioes,
                Regioes_Analisadas
            );

    elseif (mode == 2)
        path_mode = "Data_From_CSV";
        Preco_Spot,Custo_Geracao,Data_Ini,Duracao,Geracao_Estimada,p,q,
            Porcentagem_Portifolio = Read_from_CSV(
                Numero_de_meses,
                Numero_de_contratos,
                Numero_de_Cenarios_PLD,
                Numero_de_Cenarios_Geracao,
                path_mode,
                regioao
            )

    elseif (mode == 3)
        path_mode = "Default_Example";
        Preco_Spot,Custo_Geracao,Data_Ini,Duracao,Geracao_Estimada,p,q,
            Porcentagem_Portifolio = Read_from_CSV(
                Numero_de_meses,
                Numero_de_contratos,
                Numero_de_Cenarios_PLD,
                Numero_de_Cenarios_Geracao,
                path_mode,
                regioao
            )

    else

```



```

        throw("Invalid Syntax on Variable mode");
    end

#####
#####

    global Grafico_Contrato,
           Graf_Comercializador,
           Graf_Gerador,
           Graf_Portifolio_Comercializadora,
           Graf_Portifolio_Geradora_Cenario_PLD,
           Graf_Portifolio_Geradora_Cenario_Geracao;

    R_Portifolio_Geradora_cenario_PLD,
    R_Portifolio_Geradora_cenario_Geracao,
    R_Portifolio_Comercializadora,
    R_Comercializadora,
    R_Gerador,
    Serie_temporal_Contratos,
        h = Define_Receitas(
            Numero_de_contratos,
            Numero_de_meses,
            Numero_de_Cenarios_PLD,
            Numero_de_Cenarios_Geracao,
            Data_Ini,
            Duracao,
            p,
            q,
            Preco_Spot,
            Custo_Geracao,
            Geracao_Estimada,
            Porcentagem_Portifolio,
            path_mode,
            regioao
        );

    Grafico_Contrato,
    Graf_Comercializador,
    Graf_Portifolio_Comercializadora,
    Graf_Portifolio_Geradora_Cenario_PLD,
    Graf_Portifolio_Geradora_Cenario_Geracao = PlotGenerator(Numero_de_contratos,
        Serie_temporal_Contratos,
        Numero_de_meses,
        R_Comercializadora,
        R_Gerador,
        Numero_de_Cenarios_PLD,
        Numero_de_Cenarios_Geracao,
        R_Portifolio_Comercializadora,
        R_Portifolio_Geradora_cenario_PLD,
        R_Portifolio_Geradora_cenario_Geracao,
        path_mode,
        regioao)

end

return Grafico_Contrato, Graf_Comercializador, Graf_Portifolio_Comercializadora,
       Graf_Portifolio_Geradora_Cenario_PLD, Graf_Portifolio_Geradora_Cenario_Geracao;
end

```

```
##### Add Header #####
# header_Geracao = Array{Union{Missing, String}}(missing, 2000)
# for t in 1:2000
#     header_Geracao[t] = "Cenario $t";
# end
# Dados_Geracao = CSV.read("TFC\Data_From_CSV\CSV\Geracao_DB.csv",header = false, delim = ';');
# CSV.write("TFC\Data_From_CSV\CSV\Geracao_DB.csv", Dados_Geracao,header = header_Geracao,delim = ';');
#####
```

c Function.jl

```
function Generate_Data(Numero_de_meses,
                       Numero_de_contratos,
                       Numero_de_Cenarios_PLD,
                       Numero_de_Cenarios_Geracao,
                       regioao,
                       Numero_de_Regioes,
                       Regioes_Analisadas)

    Preco_Spot = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_meses*Numero_de_Regioes,Numero_de_Cenarios_PLD))
    Custo_Geracao = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_meses,Numero_de_Cenarios_Geracao));
    Data_Ini = convert(Array{Int64},zeros(Numero_de_contratos*Numero_de_Regioes,1));
    Duracao = convert(Array{Int64},zeros(Numero_de_contratos*Numero_de_Regioes,1));
    Geracao_Estimada = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_meses,Numero_de_Cenarios_Geracao));
    p = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_contratos*Numero_de_Regioes,1))
    q = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_contratos*Numero_de_Regioes,1))
    Porcentagem_Portifolio = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_contratos*Numero_de_Regioes,1))
    header_cenario_Geracao = Array{Union{Missing, String}}(missing, Numero_de_Cenarios_Geracao)
    header_cenario_PLD= Array{Union{Missing, String}}(missing, Numero_de_Cenarios_PLD)
    Regiao_Matrix_Mes = Array{Union{Missing, String}}(missing, Numero_de_meses,3)
    Regiao_Matrix_Contratos = Array{Union{Missing, String}}(missing, Numero_de_contratos,3)
    for j in 1:Numero_de_Cenarios_PLD
        for t in 1:Numero_de_meses*Numero_de_Regioes
            Preco_Spot[t,j] = 80 + rand()*40;
            header_cenario_PLD[j] = "Cenario $j";
        end
    end
    for j in 1:Numero_de_Cenarios_Geracao
        for t in 1:Numero_de_meses
            Custo_Geracao[t,j] = 0.001 + rand()/10000;
            header_cenario_Geracao[j] = "Cenario $j";
            Geracao_Estimada[t,j] = 500 + rand()*50;
        end
    end
    for t in 1:Numero_de_meses
        Regiao_Matrix_Mes[t,:] = Regioes_Analisadas;
    end
    for t in 1:Numero_de_contratos
        Regiao_Matrix_Contratos[t,:] = Regioes_Analisadas;
    end
    Regiao_Mes = [Regiao_Matrix_Mes[:,1] Regiao_Matrix_Mes[:,2] Regiao_Matrix_Mes[:,3]]'

    Regiao_Contratos =
        [Regiao_Matrix_Contratos[:,1] Regiao_Matrix_Contratos[:,2] Regiao_Matrix_Contratos[:,3]]'
```

```

for i in 1:Numero_de_contratos*Numero_de_Regioes
    p[i]= 100 + rand()*10;
    q[i]= 500 + rand()*50;
    Data_Ini[i]= rand(1:Numero_de_meses-1);
    Duracao[i]= rand(1:Numero_de_meses - Data_Ini[i]);
    Porcentagem_Portifolio[i] = rand();
end
for i in 1:Numero_de_Regioes
    ini = 1+ (i-1)*Numero_de_contratos;
    fim = i*Numero_de_contratos;
    Porcentagem_Portifolio[ini:fim] = Porcentagem_Portifolio[ini:fim]./
        (Porcentagem_Portifolio[ini:fim] *ones(Numero_de_contratos));
end
Contratosdf = DataFrame( Regiao = Regiao_Contratos,
                        Data_Ini = Data_Ini[:,],
                        Duracao = Duracao[:,],
                        Preco_Contrato = p[:,],
                        Carga_do_Contrato = q[:,],
                        Porcentagem_do_contrato_no_Portifolio = Porcentagem_Portifolio[:,])

PrecoPLDdf = DataFrame([Regiao_Mes Preco_Spot])
Geracao_Estimadadf = DataFrame(Geracao_Estimada)
Custo_Estimadodf = DataFrame(Custo_Geracao)

CSV.write("Random_Data\\CSV\\Contratos.CSV", Contratosdf,delim = ';',);
CSV.write("Random_Data\\CSV\\PLDEstimado.CSV", PrecoPLDdf,delim = ';',
        header = ["Regiao"; header_cenario_PLD[:,]]);
CSV.write("Random_Data\\CSV\\GeracaoEstimada.CSV", Geracao_Estimadadf,delim = ';',
        header = [header_cenario_Geracao[:,]]);
CSV.write("Random_Data\\CSV\\CustoPorGeracaoEstimado.CSV", Custo_Estimadodf,delim = ';',
        header = [header_cenario_Geracao[:,]]);

#Relendo o arquivo escrito para confirmar que de fato foi escrito e para adquirir os campos do Header
Contratosdf = CSV.read("Random_Data\\CSV\\Contratos.CSV",delim = ';',header = true);
PrecoPLDdf = CSV.read("Random_Data\\CSV\\PLDEstimado.CSV",delim = ';',header = true);
##### Variaveis vinculadas ao contrato (i)
Dados_Contratos_regiao = filter(row -> row.Regiao [regiao], Contratosdf)
Dados_Estimados_regiao = filter(row -> row.Regiao [regiao], PrecoPLDdf)
Data_Ini_Regiao = Dados_Contratos_regiao[:,2]
Duracao_Regiao = Dados_Contratos_regiao[:,3]
p_Regiao = Dados_Contratos_regiao[:,4];
q_Regiao = Dados_Contratos_regiao[:,5];
Porcentagem_Portifolio_Regiao = Dados_Contratos_regiao[:,6];
##### Variaveis vinculadas o periodo (t)
Preco_Spot_Regiao = convert( Matrix,Dados_Estimados_regiao[1:Numero_de_meses,2:Numero_de_Cenarios_PLD+1]);
# Custo_Geracao = Dados_Estimados_regiao[1:Numero_de_meses,3]
Regiao_PLD_Regiao = Dados_Estimados_regiao[1:Numero_de_meses,1];
return Preco_Spot_Regiao,
        Custo_Geracao[:,1],
        Data_Ini_Regiao,
        Duracao_Regiao,
        Geracao_Estimada,
        p_Regiao,
        q_Regiao,
        Porcentagem_Portifolio_Regiao,
        header_cenario;
end

```

```
##### Extrai dados do CSV #####
function Read_from_CSV(Numero_de_meses,
                      Numero_de_contratos,
                      Numero_de_Cenarios_PLD,
                      Numero_de_Cenarios_Geracao,
                      path_mode,
                      regioao)

    Preco_Spot = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_meses,1));
    Custo_Geracao = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_meses,1));
    Data_Ini = convert(Array{Int64},zeros(Numero_de_contratos,1));
    Duracao = convert(Array{Int64},zeros(Numero_de_contratos,1));
    Geracao_Estimada = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_Cenarios_Geracao,Numero_de_meses));
    p = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_contratos,1));
    q = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_contratos,1));
    Porcentagem_Portifolio = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_contratos,1));
    global Dados_Contratos, Dados_Estimados
    #Importa dados do CSV
    Dados_Contratos = CSV.read("$path_mode\\CSV\\Contratos_DB.csv",header = true, delim = ';');
    Dados_Estimados = CSV.read("$path_mode\\CSV\\Estimados_DB.csv",header = true, delim = ';');
    Dados_Geracao = CSV.read("$path_mode\\CSV\\Geracao_DB.csv",header = true, delim = ';');

    ##### Variaveis vinculadas ao contrato (i)
    Dados_Contratos_regiao = filter(row -> row.Regiao [regiao], Dados_Contratos)
    Dados_Estimados_regiao = filter(row -> row.Regiao [regiao], Dados_Estimados)
    Data_Ini = Dados_Contratos_regiao[:,2]
    Duracao = Dados_Contratos_regiao[:,3]
    p = Dados_Contratos_regiao[:,4];
    q = Dados_Contratos_regiao[:,5];
    Porcentagem_Portifolio = Dados_Contratos_regiao[:,6];
    ##### Variaveis vinculadas o periodo (t)
    Preco_Spot = convert( Matrix, Dados_Estimados_regiao[1:Numero_de_meses,2:Numero_de_Cenarios_PLD+1]);
    Geracao_Estimada = convert( Matrix, Dados_Geracao[1:Numero_de_meses,1:Numero_de_Cenarios_Geracao]);
    Regiao_PLD = Dados_Estimados_regiao[1:Numero_de_meses,1];

    return Preco_Spot,
           Custo_Geracao,
           Data_Ini,
           Duracao,
           Geracao_Estimada,
           p,
           q,
           Porcentagem_Portifolio;
end

##### Retorna 1 se o contrato estiver em vigor e 0 caso contrario #####
function durante_o_contrato(Inicio, Duracao, t)
    final_contrato = (Inicio + Duracao)
    if (Inicio<=t) && (final_contrato >= t)
        return 1;
    end
    return 0;
end

##### Define funcao preco dos contratos #####
function Define_Receitas(Numero_de_contratos,
                      Numero_de_meses,
                      Numero_de_Cenarios_PLD,
                      Numero_de_Cenarios_Geracao,
                      Data_Ini,
```

```

Duracao,
p,
q,
Preco_Spot,
Custo_Geracao,
Geracao_Estimada,
Porcentagem_Portifolio,
path_mode,
regiao)

Serie_temporal_Contratos= convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_contratos,Numero_de_meses));
h = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_contratos,Numero_de_meses))
R_Comercializadora = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_contratos,Numero_de_meses));
R_Gerador = convert(Matrix{Float64},zeros(Numero_de_Cenarios_Geracao,Numero_de_meses));
R_Portifolio_Comercializadora = convert(Matrix{Float64},
                                         zeros(Numero_de_Cenarios_PLD,Numero_de_meses));
header_cenario_PLD = Array{Union{Missing, String}}(missing, Numero_de_Cenarios_PLD)
header_cenario_Geracao = Array{Union{Missing, String}}(missing, Numero_de_Cenarios_Geracao)
R_Portifolio_Geradora_cenario_Geracao = convert(Matrix{Float64},
                                                  zeros(Numero_de_Cenarios_Geracao,Numero_de_meses));
R_Portifolio_Geradora_cenario_PLD = convert(Matrix{Float64},
                                              zeros(Numero_de_Cenarios_PLD,Numero_de_meses));
Preco_Spot_Medio = (Preco_Spot*ones(Numero_de_Cenarios_PLD))' ./size(1:Numero_de_Cenarios_PLD);

for i in 1:Numero_de_contratos
    for t in 1:Numero_de_meses
        h[i,t] = durante_o_contrato(Data_Ini[i],Duracao[i],t);
    end
end

for j in 1:Numero_de_Cenarios_PLD

    for i in 1:Numero_de_contratos
        Serie_temporal_Contratos[i,:]= p[i].*h[i,:];
        R_Comercializadora[i,:] = ((p[i]*ones(Numero_de_meses) - Preco_Spot[:,j]).*q[i]).*h[i,:]
    end
    for n in 1:Numero_de_Cenarios_Geracao
        R_Gerador[n,:] = Geracao_Estimada[:,n].*(Preco_Spot[:,j] - Custo_Geracao[:]);
        R_Portifolio_Geradora_cenario_Geracao[n,:] = Geracao_Estimada[:,n].*
            (Preco_Spot_Medio[:,j] - Custo_Geracao[:]);
        header_cenario_Geracao[n] = "Cenario $n";
    end
    header_cenario_PLD[j] = "Cenario $j";
    R_Portifolio_Comercializadora[j,:] = Porcentagem_Portifolio'*R_Comercializadora
    #fixando os Cenarios de geracao na media por mes
    R_Portifolio_Geradora_cenario_PLD[j,:] =
        (R_Gerador'*ones(Numero_de_Cenarios_Geracao))' ./size(1:Numero_de_Cenarios_Geracao);
end
# Armazena o resultado da comercializadora para o PLD medio do periodo
for i in 1:Numero_de_contratos
    R_Comercializadora[i,:] = ((p[i]*ones(Numero_de_meses) - Preco_Spot_Medio[:,j]).*q[i]).*h[i,:]
end

R_Portifolio_Comercializadordf = DataFrame(hcat(R_Portifolio_Comercializadora'))
R_Portifolio_Geradora_cenario_PLDdf = DataFrame(hcat(R_Portifolio_Geradora_cenario_PLD'))
R_Portifolio_Geradora_cenario_Geracaodf = DataFrame(hcat(R_Portifolio_Geradora_cenario_Geracao'))
CSV.write("$path_mode\\CSV\\Receitas\\ReceitaComercializadora_$regiao.CSV",
          R_Portifolio_Comercializadordf,delim = ';',header = header_cenario_PLD[:]);
CSV.write("$path_mode\\CSV\\Receitas\\ReceitaGeracao_Cenario_PLD_$regiao.CSV",
          R_Portifolio_Geradora_cenario_PLDdf,delim = ';',header = header_cenario_PLD[:]);
CSV.write("$path_mode\\CSV\\Receitas\\ReceitaGeracao_Cenario_Geracao_$regiao.CSV",

```

```

R_Portifolio_Geradora_cenario_Geracaodf ,delim = ';',header = header_cenario_Geracao[:]);
return R_Portifolio_Geradora_cenario_PLD,R_Portifolio_Geradora_cenario_Geracao,
      R_Portifolio_Comercializadora,R_Comercializadora,R_Gerador,Serie_temporal_Contratos,h;
end

```

d PlotGenerator.jl

```

using Plots
function PlotGenerator(      Numero_de_contratos,
                             Serie_temporal_Contratos,
                             Numero_de_meses,
                             R_Comercializadora,
                             R_Gerador,
                             Numero_de_Cenarios_PLD,
                             Numero_de_Cenarios_Geracao,
                             R_Portifolio_Comercializadora,
                             R_Portifolio_Geradora_cenario_PLD,
                             R_Portifolio_Geradora_cenario_Geracao,
                             path_mode,
                             regiao)

    CaminhoRegiao = "_$regiao"

    Grafico_Contrato = Contract_Price_Curve_Plot(
        Numero_de_contratos,
        Serie_temporal_Contratos,
        path_mode,
        CaminhoRegiao
    );

    Graf_Comercializador = Curvas_de_Receita(
        Numero_de_contratos,
        Numero_de_meses,
        Numero_de_Cenarios_Geracao,
        R_Comercializadora,
        R_Gerador,
        path_mode,
        CaminhoRegiao
    );

    Graf_Portifolio_Comercializadora = Portifolio_Curve(
        Numero_de_contratos,
        Numero_de_meses,
        Numero_de_Cenarios_PLD,
        R_Portifolio_Comercializadora,
        path_mode,
        "Comercializadora",
        "Comercializadora",
        CaminhoRegiao
    );

    Graf_Portifolio_Geradora_Cenario_Geracao = Portifolio_Curve(
        Numero_de_contratos,
        Numero_de_meses,
        Numero_de_Cenarios_Geracao,
        R_Portifolio_Geradora_cenario_Geracao,
        path_mode,
        "Geradora Cenario Geracao",
        "Geradora_Cenario_Geracao",
        CaminhoRegiao
    );

    Graf_Portifolio_Geradora_Cenario_PLD = Portifolio_Curve(

```

```

        Numero_de_contratos,
        Numero_de_meses,
        Numero_de_Cenarios_PLD,
        R_Portifolio_Geradora_cenario_PLD,
        path_mode,
        "Geradora Cenario PLD",
        "Geradora_Cenario_PLD",
        CaminhoRegiao
    );

    global Grafico_Contrato,Graf_Comercializador, Graf_Portifolio_Comercializadora,
        Graf_Portifolio_Geradora_Cenario_PLD,Graf_Portifolio_Geradora_Cenario_Geracao
    return Grafico_Contrato,Graf_Comercializador, Graf_Portifolio_Comercializadora,
        Graf_Portifolio_Geradora_Cenario_PLD,Graf_Portifolio_Geradora_Cenario_Geracao;
end

# Plot de Curva de Precos dos Contratos
function Contract_Price_Curve_Plot( Numero_de_contratos,
                                    Serie_temporal_Contratos,
                                    path_mode,
                                    CaminhoRegiao
                                    )

    for i in 1:Numero_de_contratos
        global Grafico_Contrato
        if i==1
            Grafico_Contrato = plot(Serie_temporal_Contratos[i,:],
                                    title="Preco dos Contratos no tempo",
                                    label="Preco Contrato $i"
                                    )
        else
            plot!(Serie_temporal_Contratos[i,:],
                  title="Preco dos Contratos no tempo",
                  label="Preco Contrato $i"
                  )
        end
    end
    end
    savefig(Grafico_Contrato,"$path_mode\\Plot\\Curvas_de_Contratos_$(path_mode)$CaminhoRegiao.pdf")
    return Grafico_Contrato
end

# Plot da curva de receitas Do contrato
function Curvas_de_Receita(Numero_de_contratos,
                           Numero_de_meses,
                           Numero_de_Cenarios_Geracao,
                           R_Comercializadora,
                           R_Gerador,
                           path_mode,
                           CaminhoRegiao
                           )

    for i in 1:Numero_de_contratos
        global Plot_Comercializadora
        if i==1
            Plot_Comercializadora = plot(1:Numero_de_meses,R_Comercializadora[1,:],
                                          title="Receitas no tempo",
                                          label= "Comercializadora no Contrato $i"
                                          )
        else
            plot!(1:Numero_de_meses,R_Comercializadora[i,:],
                  title="Receitas no tempo",
                  label= "Comercializadora no Contrato $i"
                  )
        end
    end
end

```

```

        end
    end
    savefig(Plot_Comercializadora,
        "$path_mode\\Plot\\Curvas_de_Receita_Comercializadora_$(path_mode)$CaminhoRegiao.pdf"
    )
    return Plot_Comercializadora;
end
function Portifolio_Curve(
    Numero_de_contratos,
    Numero_de_meses,
    Numero_de_Cenarios,
    R_Portifolio,
    path_mode,
    PortifolioTitle,
    Portifolioname,
    CaminhoRegiao
)

for i in 1:Numero_de_Cenarios
    global Plot_Portifolio
    if i ==1
        Plot_Portifolio = plot(1:Numero_de_meses,R_Portifolio[i,:],
            title = "Receitas do Portifólio da $PortifolioTitle no tempo",
            label = "Cenário $i"
            # label= "Curvas de Receita Comercializadora no Cenário $i"
        )
    else
        plot!(1:Numero_de_meses,R_Portifolio[i,:],
            title = "Receitas do Portifólio da $PortifolioTitle no tempo",
            label = "Cenário $i"
            # label= "Curvas de Receita Comercializadora no Cenário $i"
        )
    end
end
savefig(Plot_Portifolio,
    "$path_mode\\Plot\\Curvas_de_Receita_Portifolio_$(Portifolioname)_$(path_mode)$CaminhoRegiao.pdf"
)

return Plot_Portifolio;
end

```