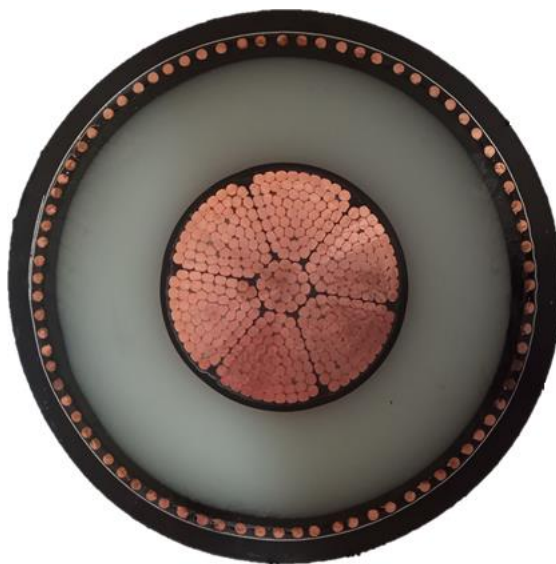


LI.EPE.002/20 - SERVIÇOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS PARA
PRODUZIR ESTIMATIVA DE CUSTOS DE LINHAS DE
TRANSMISSÃO SUBTERRÂNEAS E/OU SUBAQUÁTICAS



ETAPA IV

DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA COMPUTACIONAL

SERVIÇOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS PARA PRODUZIR ESTIMATIVA DE CUSTOS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO SUBTERRÂNEAS E/OU SUBAQUÁTICAS	
DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA COMPUTACIONAL	
ETAPA IV	REVISÃO: 3

Histórico de revisões:

Data	Versão	Descrição	Autor(es)
16/02/24	3	Revisão conforme novos comentários da EPE	Sinapsis/EPE
23/12/21	2	Revisão após a finalização do desenvolvimento da ferramenta	Sinapsis/EPE
21/10/21	1	Revisão após comentários da EPE	Sinapsis/EPE
15/10/21	0	Emissão inicial	Sinapsis/EPE

Equipe Técnica

Antonio Paulo da Cunha – Sinapsis Inovação em Energia

Bruno Hideki Nakata – Sinapsis Inovação em Energia

Marcelo Aparecido Pelegrini – Sinapsis Inovação em Energia

Natasha Akie Yagui Knorst – Sinapsis Inovação em Energia

Bruno Scarpa Alves da Silveira – Empresa de Pesquisa Energética (EPE)

Daniel José Tavares de Souza – Empresa de Pesquisa Energética (EPE)

Dourival de Souza Carvalho Júnior – Empresa de Pesquisa Energética (EPE)

Fabiano Schmidt – Empresa de Pesquisa Energética (EPE)

Sérgio Felipe Falcão Lima – Empresa de Pesquisa Energética (EPE)

Sumário

Sumário	4
1. Introdução e Objetivos	6
2. Etapas e Cronograma	8
3. Descrição Geral	11
4. Atualização de Preços	12
4.1. Atualização de preços de Cabos	12
4.2. Atualização dos preços de Acessórios	15
4.3. Atualização dos preços de Serviços	17
4.4. Atualização de Preços de Obras Cíveis	19
4.5. Atualização de Preços de Dutos	22
5. Estudo Detalhado	24
5.1. Cadastro de Estudo Detalhado	25
5.2. Resultados para Estudo Completo	40
5.3. Comparação entre Estudos	41
6. Estudo Simplificado – Simulação em Batelada	44
6.1. Cadastro de Estudo Simplificado (Lote)	44
6.2. Resultados para Estudo Simplificado (Lote)	49
7. Estudos de Caso para Validação da Ferramenta	51
8. Conclusões	56
9. Referências bibliográficas	57

Acrônimos e Siglas

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica

BDI: Benefícios e Despesas Indiretas

BDIS: Benefícios e Despesas Indiretas Referentes a Serviços

CCI: Contrato de Compartilhamento das Instalações

COFINS: Contribuição para Financiamento da Seguridade Social

DTS: *Distributed Temperature Sensing*

EPE: Empresa de Pesquisa Energética

FOB: *Free on Board*

ICMS: Imposto Sobre Circulação de Mercadorias

II: Imposto de Importação

LME: *London Metal Exchange*

LT: Linha de Transmissão

LTS: Linha de Transmissão Subterrânea

LTA: Linha de Transmissão Aérea

MND: Método Não-Destrutivo

MS: Microsoft

PIS: Programa de Integração Social

RAP: Receita Anual Permitida

REIDI: Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento de Infraestrutura

SICRO: Sistema de Custos de Obras Rodoviárias

SINAPI: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices

SEINFRA - CE: Secretaria da infraestrutura do Governo do Estado do Ceará

XLPE: *Cross-linked Polyethylene*

1. Introdução e Objetivos

Nos termos do edital da EPE que definiu o escopo da consultoria, a presente etapa deve ser dedicada ao desenvolvimento da ferramenta computacional para estimativa do custo total de uma linha de transmissão qualquer, respeitadas as restrições da metodologia desenvolvida.

Conforme metodologia apresentada nos relatórios das etapas 2 e 3 do projeto, o *software* desenvolvido considera as principais etapas do processo de implantação de uma linha de transmissão subterrânea ou subaquática, como visto na Figura 1.

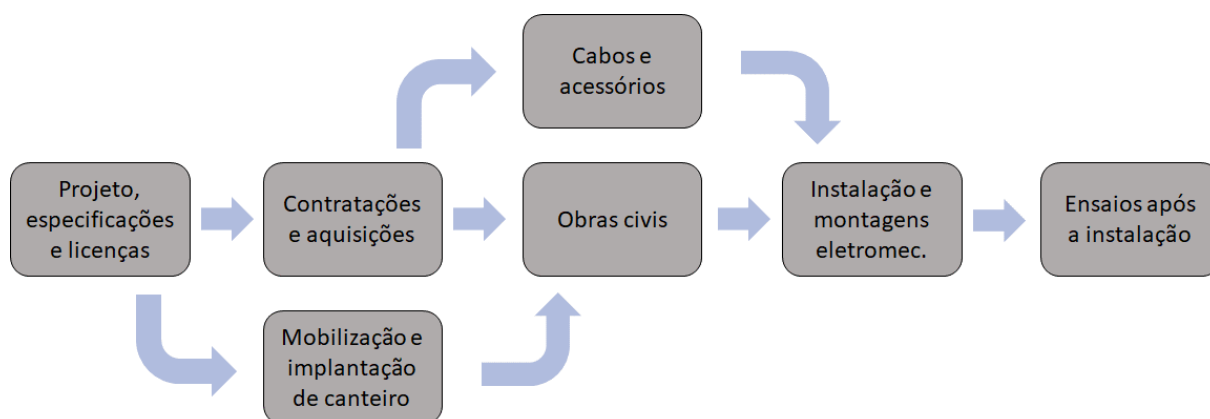


Figura 1 – Principais etapas para a implantação de uma LT com cabos isolados.

Conforme arquitetura apresentada na Figura 2, os dados de entrada para a ferramenta abrangem bases de dados de preços de cabos, acessórios e serviços, custos de obras e insumos civis, tabelas de propriedades de materiais e dados gerais, além de informações específicas sobre a linha de transmissão a ser estudada.

Sabendo-se que os custos e preços de componentes, serviços e obras civis são variáveis no tempo, a ferramenta permite ao usuário atualizar as bases de preços e custos considerando a data de implantação da linha a ser estudada, conforme metodologia apresentada no relatório da etapa 3 do projeto.

O presente relatório apresenta os resultados obtidos na etapa, com uma descrição da ferramenta e a simulação de estudos de caso para validação da metodologia e do *software* desenvolvidos.

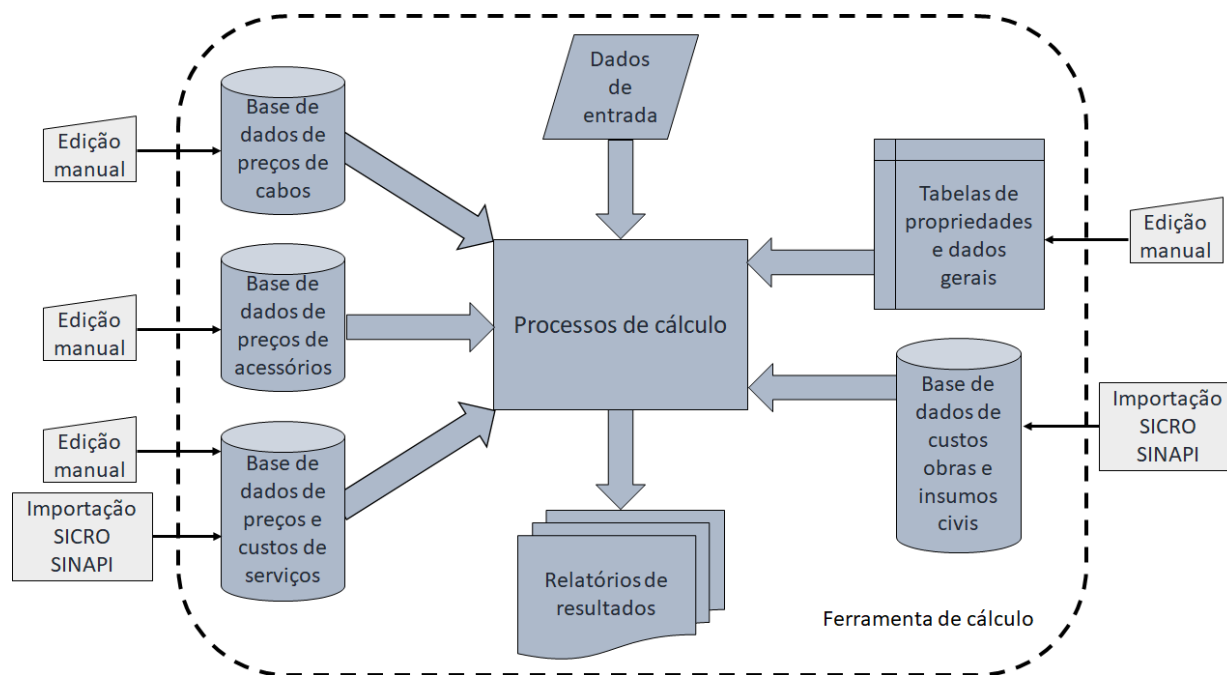


Figura 2 – Esquema da ferramenta de cálculo, com bases de dados, entradas e saídas.

2. Etapas e Cronograma

A Figura 3 e a Figura 4 mostram o cronograma do projeto definido pela EPE, bem como o acompanhamento das atividades realizadas.

Etapa		Data final de cada semana a partir da reunião de “kick-off”																		
		12/1	19/1	26/1	2/2	9/2	16/2	23/2	2/3	9/3	16/3	23/3	30/3	6/4	13/4	20/4	27/4	4/5	11/5	18/5
I	Pesquisa para levantamento de dados e melhores práticas internacionais																			
II	Desenvolvimento da metodologia de orçamento, modulação e precificação																			
III	Desenvolvimento de metodologia para atualização dos preços unitários – predição econômica																			
IV	Desenvolvimento da ferramenta computacional																			
V	Apresentação final																			

Figura 3 – Cronograma previsto inicialmente e acompanhamento (datas em semanas considerando início em 05/01/21) – Parte 1

Legenda:

- : Duração prevista no cronograma da EPE.
- : Realizado (a extensão da Etapa I foi objeto de acordo, conforme e-mail de 02/02/2021). A continuidade das etapas se deve à solicitação de revisões.
- : Extensão máxima para revisões da etapa I sem afetar a conclusão do projeto, embora a data para entrega tenha sido definida como 22/02/21.

Etapa		Data final de cada semana a partir da reunião de “kick-off”																							
			Junho						Julho				Agosto					Setembro				Outubro			
		25	01	08	15	22	29	6	13	20	27	3	10	17	24	31	7	14	21	2	5	12	19	26	
I	Pesquisa para levantamento de dados e melhores práticas internacionais																								
II	Desenvolvimento da metodologia de orçamento, modulação e precificação																								
	Apresentação parcial e críticas da EPE																								
III	Desenvolvimento de metodologia para atualização dos preços unitários – predição econômica																								
	Apresentação parcial e críticas da EPE																								
IV	Desenvolvimento da ferramenta computacional																								
	Apresentação parcial e críticas da EPE																								
V	Apresentação final																								

Figura 4 – Cronograma previsto inicialmente e acompanhamento (datas em semanas considerando início em 05/01/21) – Parte 2

Legenda:

- : Duração prevista no cronograma da EPE.
- : Realizado (a extensão da Etapa I foi objeto de acordo, conforme e-mail de 02/02/2021). A continuidade das etapas se deve à solicitação de revisões.
- : Extensão máxima para revisões da etapa I sem afetar a conclusão do projeto, embora a data para entrega tenha sido definida como 22/02/21.

Segundo consta do edital da EPE, a etapa IV deveria abordar os seguintes aspectos:

“Deverá ser desenvolvida uma ferramenta computacional, em MS Excel ou linguagem de programação aberta, para a estimativa do custo total de uma LTS qualquer, respeitadas as restrições da metodologia desenvolvida.

A interface da ferramenta deverá permitir que o usuário entre com um conjunto básico de informações, compatíveis com os módulos de custos, gerando automaticamente um relatório de saída com o detalhamento dos custos unitários, parciais e totais daquele empreendimento. Adicionalmente, também deverá ser possível ao usuário informar o conjunto de parâmetros e indicadores econômicos para a atualização automática dos preços unitários, conforme metodologia desenvolvida. Por fim, é interessante que no relatório de saída supracitado seja gerada uma estimativa de custos de operação e manutenção para a solução de entrada.

*Por fim, vale reiterar que o produto desta etapa é a **elaboração de Ferramenta computacional para determinação de custo de instalação de LTS** e um relatório contendo descrição e manual de uso da ferramenta.”*

3. Descrição Geral

A tela principal (*home*) do software para cálculo de custos de linhas de transmissão subterrâneas e subaquáticas é apresentada na Figura 5. A partir dessa tela, é possível navegar por todas as demais telas do *software*.



Figura 5 – Tela principal (home) do software.

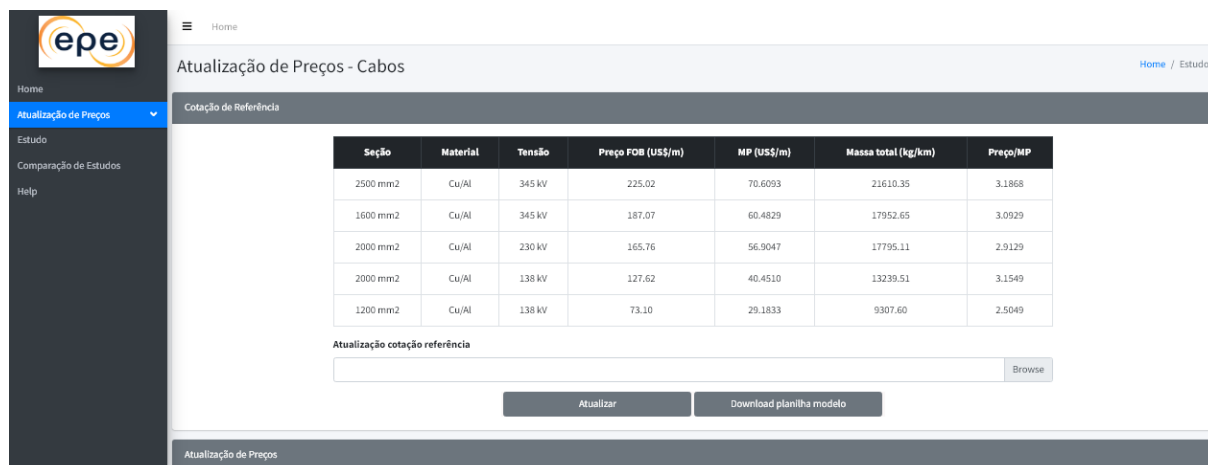
As principais funcionalidades do *software*, a serem detalhadas nos capítulos a seguir, são:

- Atualização de preços:
 - Preços de cabos
 - Preços de acessórios
 - Preços de serviços
 - Preços de dutos
 - Integrações – atualização de preços e custos de obras civis
- Cadastro de Estudos:
 - Cadastro de estudo detalhado
 - Cadastro de estudo simplificado (simulação em batelada)
- Comparação entre estudos
- Resultados

4. Atualização de Preços

4.1. Atualização de preços de Cabos

Ao selecionar a opção “atualização de preços de cabos”, o usuário pode visualizar a cotação utilizada como referência, conforme mostra a Figura 6.



Seção	Material	Tensão	Preço FOB (US\$/m)	MP (US\$/m)	Massa total (kg/km)	Preço/MP
2500 mm ²	Cu/Al	345 kV	225,02	70,6093	21610,35	3,1868
1600 mm ²	Cu/Al	345 kV	187,07	60,4829	17952,65	3,0929
2000 mm ²	Cu/Al	230 kV	165,76	56,9047	17795,11	2,9129
2000 mm ²	Cu/Al	138 kV	127,62	40,4510	13239,51	3,1549
1200 mm ²	Cu/Al	138 kV	73,10	29,1833	9307,60	2,5049

Figura 6 – Tela de atualização de preços de cabos – Referência.

A tabela apresentada nesta tela contém os dados obtidos a partir das cotações enviadas por fabricantes: seção, material, nível de tensão, Preço FOB, custo das matérias primas (MP), massa total do cabo, e relação entre Preço e Massa.

Prevendo a realização de novas pesquisas no futuro para obtenção de cotações atualizadas de preços, o software permite ao usuário inserir novos valores através da importação de uma planilha *template* com os respectivos dados. Essa planilha é disponibilizada para *download* na interface do *software*, ao selecionar a opção “Download planilha modelo”.

Antes de realizar a importação das novas informações, deve-se realizar o tratamento dos dados utilizando a planilha de atualização, que é separada em três abas. Na aba “Início” estão as instruções para o preenchimento da planilha.

Na aba “Cabos”, apresentada pela Tabela 1, são listados os dados finais que serão importados pela ferramenta. Caso as novas cotações sejam para o mesmo grupo de cabos já apresentados na tabela, deve-se preencher os valores de Preços FOB, observar os resultados da regressão linear e ajustá-la conforme necessário. Caso as novas cotações incluam novos tipos de cabos, deve-se inicialmente verificar a disponibilidade dos custos de materiais e da massa total do cabo. Se os valores estiverem disponíveis, devem ser inseridos pelo usuário nas colunas MP e massa total, respectivamente.

Em não estando disponíveis os valores de custo de materiais e massa total, as estimativas podem ser feitas a partir de dados do *data sheet*, conforme aba “Anexo”.

Por fim, para ambos os casos, o usuário deve preencher na aba "Cabos" os valores LME adotados nas cotações.

Tabela 1 – Planilha modelo para atualização da cotação de referência de cabos

Cotação LME (US\$/t)	
Alumínio	2275,7
Aço	1000
Chumbo	1976,5
Cobre	6848,8

						Massa de material por unidade de comprimento (kg/m)				
Seção	Material	Tensão	Preço FOB (US\$/m)	MP (US\$/m)	Massa total (kg/km)	Preço FOB/MP	Alumínio	Cobre	Chumbo	Aço
2500 mm2	Cu/Al	345 kV	225,02	70,6093	21.610,35	3,18683	7,250	3,080	0	
1600 mm2	Cu/Al	345 kV	187,07	60,4829	17.952,65	3,09294	4,640	3,080	0	
2000 mm2	Cu/Al	230 kV	165,76	56,9047	17.795,11	2,91294	5,800	2,860	0	
2000 mm2	Cu/Al	138 kV	127,62	40,451	13.239,51	3,15493	5,352	1,350	0	
1200 mm2	Cu/Al	138 kV	73,1	29,1833	9.307,60	2,50486	3,266	1,427	0	

Gráfico de dispersão mostrando a relação entre a Massa total (kg/km) no eixo X e o Preço FOB/MP no eixo Y. A equação da linha de tendência é $y = 4E-05x + 2,275$ e o coeficiente de determinação é $R^2 = 0,545$.

Legenda: Linear (Preço FOB/MP)

Tabela 2 – Planilha modelo para atualização da cotação de referência de cabos - Anexo.

[illegible]

Tabela 3 – Planilha modelo para atualização da cotação de referência de cabos - Anexo.

		Massa (kg/	Custo materiais
Unipolar subterrâneo	Condutor	3120,483	7361,663345
	Blingagem	232,3387	1469,2324
	Isolação	3050,004	5849,3986
	Blingagem	284,4963	1799,0601
	Blindagem	1426,558	9802,7808
	Cabos ótico	18,54471	855,9003
	Capa metá	139,2794	318,0146
	Cobertura	1041,67	1254,1712
		9313,375	28710,2212
		Massa (kg/	Custo materiais
Unipolar subaquático	Condutor	3120,483	7361,663345
	Blingagem	232,3387	1469,23239
	Isolação	3050,004	5849,398571
	Blingagem	284,4963	1799,06007
	Capa metá	139,2794	318,0145862
	Cabos ótico	18,54471	855,9002522
	Acolchoam	-6163,73	0
	Armação m	0	0
	Cobertura	6125,43	7375,017668
		6806,846	25028,28688
		Massa total	MP (US\$/m)
	Unipolar subterrâneo	9313,375	28,7102212
	Unipolar subaquático	6806,846	25,02828688

Após o preenchimento de todos os dados, a cotação de referência será atualizada com a seleção do arquivo e clicando-se no botão “atualizar”. Com a atualização ocorre a substituição da cotação “ORIGINAL” pela nova cotação.

Na seção de Atualização de Preços, apresentada pela Figura 7, o usuário pode selecionar uma atualização já cadastrada para visualizar as cotações de materiais metálicos utilizadas e os valores resultantes.

Para cadastrar uma nova atualização, o usuário deve inserir um “nome da cotação”, e novos valores para as cotações de LME Cobre, LME Alumínio, LME Chumbo e LME Aço. Ao clicar em “calcular e visualizar preços atualizados”, a tabela de valores atualiza as colunas de preço FOB e relação entre preço e massa de acordo com as novas cotações inseridas. Estes valores podem ser salvos clicando-se em “salvar dados atualizados”.

Atualização de Preços

ORIGINAL

Cotação LME Atualizada dos Metais

Nome da Cotação
ORIGINAL

Cotação LME Cobre (US\$/t)
6848.8000

Cotação LME Alumínio (US\$/t)
2275.7000

Cotação LME Chumbo (US\$/t)
1976.5000

Cotação LME Aço (US\$/t)
1000.0000

Seção	Material	Tensão	Preço FOB (US\$/m)	MP (US\$/m)	Massa total (kg/km)	Preço/MP
2500 mm2	Cu/Al/Pb/Aço	500 kV	225.02	70.61	21610.35	3.1868
1600 mm2	Cu/Al/Pb/Aço	500 kV	187.07	60.48	17952.65	3.0929
2000 mm2	Cu/Al/Pb/Aço	345 kV	165.76	56.90	17795.11	2.9129
2000 mm2	Cu/Al/Pb/Aço	138 kV	127.62	40.45	13239.51	3.1549
1200 mm2	Cu/Al/Pb/Aço	138 kV	73.10	29.18	9307.60	2.5049

Calcular e Visualizar Preços Atualizados Salvar Dados Atualizados

Figura 7 – Tela de atualização de preços de cabos – Atualização.

4.2. Atualização dos preços de Acessórios

Ao selecionar a opção “atualização de preços de acessórios”, o usuário pode visualizar a cotação utilizada como referência na seção “cotação de referência”, conforme mostra a Figura 8.

Cotação de Referência

Sigla	Descrição	230 kV	345 kV	500 kV
PTE	Terminal para uso externo	US\$ 12.937,44	US\$ 26.205,10	US\$ 34.340,06
PSTE	Base suporte para terminal para uso externo	US\$ 8.063,45	US\$ 8.063,45	US\$ 8.063,45
PTG	Terminal para SFG (GIS)	US\$ 10.084,82	US\$ 18.130,78	US\$ 22.341,41
PE	Emenda seccionada	US\$ 14.403,01	US\$ 17.645,47	US\$ 22.040,73
PLESA	Link box trifásico aterramento	US\$ 4.023,46	US\$ 4.023,46	US\$ 4.023,46
PLEBI	Link box trifásico SIVL	US\$ 4.833,79	US\$ 4.833,79	US\$ 4.833,79
PLESA	Link box monofásico aterramento	US\$ 1.832,46	US\$ 1.832,46	US\$ 1.832,46
PLEBI	Link box monofásico SIVL	US\$ 2.809,47	US\$ 2.809,47	US\$ 2.809,47
PCDN	Cabo concêntrico	US\$ 102,01	US\$ 111,25	US\$ 111,25
PCCA	Cabo de aterramento	US\$ 43,01	US\$ 47,38	US\$ 47,38
POTS	OTS	US\$ 219.336,62	US\$ 219.336,62	US\$ 219.336,62

Sigla	Descrição	Valor Pedido
PVO	Preço de venda do cabo ótico	US\$ 4,62

Atualização cotação referência

Atualizar Download planilha modelo

Figura 8 – Tela de atualização de preços de acessórios – Referência.

A tabela contém os dados de cotação de acessórios para os níveis de tensão de 230 kV, 345 kV e 500 kV, além do preço de venda de cabos óticos.

Prevendo a realização de novas pesquisas no futuro para obtenção de cotações atualizadas de preços, o software permite ao usuário inserir novas cotações de referência através da importação de uma planilha *template* com os respectivos dados.

Essa planilha é disponibilizada para *download* na interface do *software*, ao selecionar a opção “*Download planilha modelo*”.

Ao receber uma nova cotação de preços de acessórios, deve-se preencher a planilha de *template* com os novos valores e moeda adotada, como mostra a Tabela 4. Caso haja mais de uma cotação, sugere-se adotar como nova referência a mediana de todos os valores recebidos.

Tabela 4 – Planilha para atualização da cotação de referência de acessórios

Moeda	US\$			
Sigla	Descrição	230 kV	345 kV	500 kV
PTE	Terminal para uso externo	\$ 12.937,44	\$ 26.205,10	\$ 34.340,06
PSTE	Base suporte para terminal para uso externo	\$ 8.063,45	\$ 8.063,45	\$ 8.063,45
PTG	Terminal para SF6 (GIS)	\$ 10.084,82	\$ 18.110,78	\$ 22.341,41
PE	Emenda seccionada	\$ 14.403,61	\$ 17.645,47	\$ 22.040,73
PLB3A	Link box trifásico aterramento	\$ 4.023,46	\$ 4.023,46	\$ 4.023,46
PLB3I	Link box trifásico SVL	\$ 4.833,79	\$ 4.833,79	\$ 4.833,79
PLB1A	Link box monofásico aterramento	\$ 1.832,46	\$ 1.832,46	\$ 1.832,46
PLB1I	Link box monofásico SVL	\$ 2.809,47	\$ 2.809,47	\$ 2.809,47
PCON	Cabo concêntrico	\$ 102,91	\$ 111,25	\$ 111,25
PCCA	Cabo de aterramento	\$ 43,01	\$ 47,18	\$ 47,18
PDTS	DTS	\$ 219.336,82	\$ 219.336,82	\$ 219.336,82
PVO	Preço de venda do cabo ótico	\$ 4,62		

Na seção de Atualização de Preços, apresentada pela Figura 9, o usuário pode selecionar uma atualização já cadastrada para visualizar a taxa de inflação utilizada e os valores resultantes.

Para inserir uma nova atualização, o usuário deve inserir um “nome da cotação”, e o valor da “taxa de inflação (%)”, que se refere à taxa de inflação acumulada no período entre a data da cotação de referência e a data da atualização. Ao clicar em “calcular e visualizar preços atualizados”, a tabela de valores atualiza as colunas de preços para todos os acessórios de acordo com a nova taxa de inflação inserida. Estes valores podem ser salvos clicando-se em “salvar dados atualizados”.

Atualização de Preços

ORIGINAL

Taxas de Inflação Acumulada desde a data da cotação

Nome da Cotação: ORIGINAL Taxa de inflação (%):

Sigla	Descrição	230 kV	345 kV	500 kV
PTE	Terminal para uso externo	US\$ 12.937,44	US\$ 26.205,10	US\$ 34.340,06
PSTE	Base suporte para terminal para uso externo	US\$ 8.063,45	US\$ 8.063,45	US\$ 8.063,45
PTG	Terminal para SF6 (GIS)	US\$ 10.084,82	US\$ 18.110,78	US\$ 22.341,41
PE	Emenda seccionada	US\$ 14.403,61	US\$ 17.645,47	US\$ 22.040,73
PLB3A	Link box trifásico aterramento	US\$ 4.023,46	US\$ 4.023,46	US\$ 4.023,46
PLB3I	Link box trifásico SVL	US\$ 4.833,79	US\$ 4.833,79	US\$ 4.833,79
PLB1A	Link box monofásico aterramento	US\$ 1.832,46	US\$ 1.832,46	US\$ 1.832,46
PLB1I	Link box monofásico SVL	US\$ 2.809,47	US\$ 2.809,47	US\$ 2.809,47
PCON	Cabo concêntrico	US\$ 102,91	US\$ 111,25	US\$ 111,25
PCCA	Cabo de aterramento	US\$ 43,01	US\$ 47,18	US\$ 47,18
POTS	DTS	US\$ 219.336,82	US\$ 219.336,82	US\$ 219.336,82

Sigla	Descrição	Valor Padrão
PVO	Preço de venda do cabo ótico	4,62

Calcular e Visualizar Preços Atualizados Salvar Dados Atualizados

Figura 9 – Tela de atualização de preços de acessórios – Atualização.

4.3. Atualização dos preços de Serviços

Em relação aos preços de serviços obtidos através de cotações com fabricantes, ao selecionar a opção “atualização de preços de serviços”, o usuário pode visualizar a cotação utilizada como referência na seção “cotação de referência”, conforme mostra a Figura 10.

Cabe ressaltar que os preços de serviços obtidos a partir dos sistemas SINAPI, SICRO e SEINFRA-CE são atualizados conforme o processo descrito no subitem 4.4, atualização de preços de obras civis.

Home

Atualização de Preços - Serviços

Cotação de Referência

Sigla	Descrição	230 kV	345 kV	500 kV
USTE	Custo unitário de supervisão de montagem de terminais para uso externo	US\$ 9.568,66	US\$ 12.286,00	US\$ 14.077,33
USTG	Custo unitário de supervisão de montagem de terminais para uso externo (SF6)	US\$ 9.154,96	US\$ 11.780,07	US\$ 13.458,63
USE	Custo unitário de supervisão de montagem de emendas	US\$ 9.445,12	US\$ 12.197,75	US\$ 13.020,96

Atualização cotação referência

Browse

Atualizar Download planilha modelo

Atualização de Preços

Figura 10 – Tela de atualização de preços de serviços – Referência.

A tabela apresentada nesta tela contém os dados de cotação de serviços para os

níveis de tensão de 230 kV, 345 kV e 500 kV.

Prevendo a realização de novas pesquisas no futuro para obtenção de cotações atualizadas de preços, o software permite ao usuário inserir novas cotações de referência através da importação de uma planilha *template* com os respectivos dados. Essa planilha é disponibilizada para *download* na interface do *software*, ao selecionar a opção “*Download planilha modelo*”.

Ao receber uma nova cotação de preços de acessórios, deve-se preencher a planilha de *template* com os novos valores e moeda adotada, como mostra a Tabela 5. Caso haja mais de uma cotação, sugere-se adotar como nova referência a mediana de todos os valores recebidos.

Tabela 5 – Planilha para atualização da cotação de referência de serviços.

Moeda	US\$			
Descrição	Descrição	230 kV	345 kV	500 kV
USTE	Custo unitário de supervisão e montagem de terminais para uso externo	\$ 9.568,66	\$ 12.286,00	\$ 14.077,33
USTG	Custo unitário de montagem de terminais para uso externo (SF6)	\$ 9.154,96	\$ 11.780,07	\$ 13.458,63
USE	Custo unitário de supervisão e montagem de emendas	\$ 9.445,12	\$ 12.197,75	\$ 13.020,96

Com o preenchimento do *template*, a cotação de referência pode ser atualizada com a seleção do arquivo e clicando-se no botão “atualizar”. Com a atualização ocorre a substituição da cotação “ORIGINAL” pela nova cotação.

Na seção de Atualização de Preços, apresentada pela Figura 11, o usuário pode selecionar uma atualização já cadastrada para visualizar a taxa de inflação utilizadas e os valores resultantes.

Para inserir uma nova atualização, o usuário deve inserir um “nome da cotação”, e o valor da “taxa de inflação (%)”, que se refere à taxa de inflação acumulada no período entre a data da cotação de referência e a data da atualização. Ao clicar em “calcular e visualizar preços atualizados”, a tabela de valores atualiza as colunas de preços para todos os serviços de acordo com a nova taxa de inflação inserida. Estes valores podem ser salvos clicando-se em “salvar dados atualizados”.

Sigla	Descrição	230 kV	345 kV	500 kV
USTE	Custo unitário de supervisão de montagem de terminais para uso externo	US\$ 9.568,66	US\$ 12.286,00	US\$ 14.077,33
USTG	Custo unitário de supervisão de montagem de terminais para uso externo (SF6)	US\$ 9.154,96	US\$ 11.780,07	US\$ 13.458,63
USE	Custo unitário de supervisão de montagem de emendas	US\$ 9.445,12	US\$ 12.197,75	US\$ 13.020,96

Figura 11 – Tela de atualização de preços de serviços – Atualização.

4.4. Atualização de Preços de Obras Civis

A atualização de preços para obras civis é feita através da importação de novas informações dos sistemas SINAPI, SICRO e SEINFRA-CE. Em relação à arquitetura do software, esse processo é realizado como serviço paralelo e integrado à aplicação *web*. Ao selecionar a opção “obras civis - integrações”, o usuário pode visualizar a lista dos arquivos importados previamente, conforme mostra a Figura 12.

Sistema	Início	Fim	Status	Entrada	Log	Excluir
SEINFRA	03/12/2021 16:39:00	03/12/2021 16:39:00	OK			
SICRO	08/12/2021 15:50:00	08/12/2021 15:50:00	OK			
SINAPI	08/12/2021 15:48:00	08/12/2021 15:48:00	OK			

Figura 12 – Tela de atualização de preços de obras civis – Integrações.

Para importar novas informações de um determinado sistema, o usuário deve inserir os arquivos na respectiva pasta “importador”, localizada no diretório c:\calitras.

Os arquivos do SINAPI podem ser obtidos em [6], separados pelo Estado da Federação e período desejado, escolhendo-se a referência “NaoDesonerado”. Após o *download* e extração dos arquivos, o usuário deve inserir na pasta do importador os arquivos “Custo_Ref_Composicoes_Sintetico” e “Preco_Ref_Insumos”, em formato excel.

Em relação às informações dos sistemas SEINFRA-CE e SICRO, pelo fato de não serem disponibilizadas em formatos que pudessem ser facilmente importadas na ferramenta, foram elaboradas duas planilhas para preenchimento e importação das

informações. Ambas possuem uma aba inicial, com as instruções de preenchimento, e uma aba para os dados.

Os arquivos do SEINFRA-CE são disponibilizados em [7] e são organizados por data de referência. As informações desejadas estão na tabela “Insumos Sem Desoneração” do período referente. O usuário deve localizar no arquivo o código referente ao equipamento desejado e inserir o valor obtido na planilha *template*, como mostra a Tabela 6. Devem ser inseridas também informações de mês e ano. Após o preenchimento, esta planilha pode ser inserida à pasta do importador.

Tabela 6 – Planilha para atualização de referência do SEINFRA-CE.

Ano			
Mês			
Tipo	Código	Descrição	Valor (R\$)
Equipamento	I6169	MÁQUINA P/ CRAVAÇÃO (MÉTODO NÃO DESTRUTIVO)	

Os arquivos do SICRO são disponibilizados em [8] e podem ser localizados pela localidade e data desejada. Após o *download* e extração dos arquivos da pasta .zip, o usuário deve localizar os documentos .pdf de "Relatório Sintético de Equipamentos", para preenchimento do item “Equipamento”, .pdf de "Relatório Sintético de Materiais", para preenchimento do item “Materiais”, e o .pdf de "Relatório Sintético de Composições de Custos", para preenchimento do item “Serviços”. Em cada um dos documentos, é necessário localizar os códigos dos equipamentos materiais e serviços, inserindo os respectivos custos na planilha *template*, além de preencher informações de localidade, mês e ano, como mostra a Tabela 7. Após o preenchimento, esta planilha pode ser inserida à pasta do importador.

Tabela 7 – Planilha para atualização de referência do SICRO.

Localidade				
Ano				
Mês				
Tipo	Código	Descrição	Custo Produtivo (R\$/h)	Custo Improdutivo (R\$/h)
Equipamento	E9021	Grupo gerador - 456 kVA		
Tipo	Código	Descrição	Preço Unitário (R\$)	
Materiais	M0140	Bentonita		
Tipo	Código	Descrição	Custo Unitários (R\$)	
Serviços	605606	Sistema de escoramento telescópico regulável para tunnel liner		
Serviços	4816000	Escavação manual de tunnel liner em material de 1ª categoria		
Serviços	4816001	Escavação manual de tunnel liner em material de 2ª categoria		
Serviços	4816002	Escavação de tunnel liner em material de 3ª categoria		
Serviços	4816003	Iluminação provisória para tunnel liner		
Serviços	4816004	Ventilação provisória para tunnel liner		

Para inicializar o serviço de integração, o usuário deve executar os scripts “startservice.bat” em cada diretório dos serviços, conforme mostra a Figura 13.

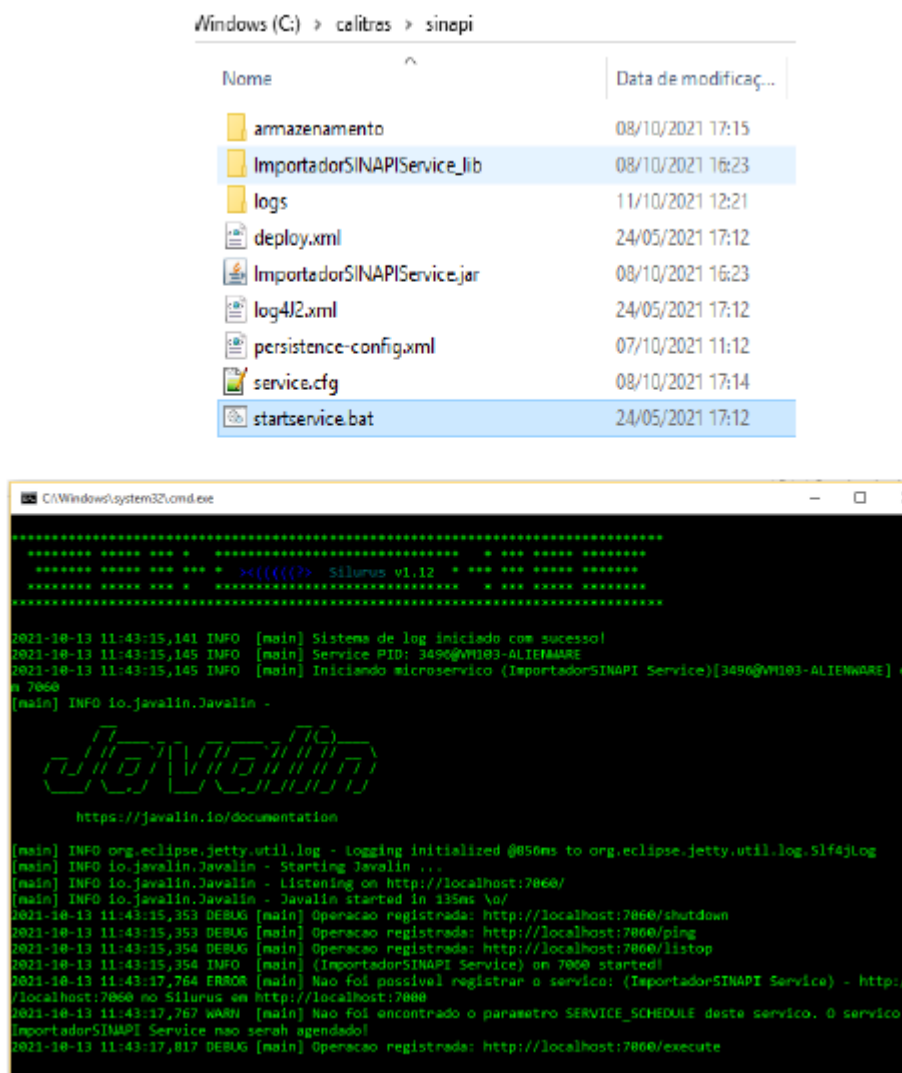


Figura 13 – Script de integração.

Após a conclusão das etapas anteriores, na aplicação web, deve-se executar os serviços individualmente, clicando no botão ►, conforme mostra a Figura 14. Ao término da execução, todos os serviços deverão estar na cor verde, sinalizando sucesso.

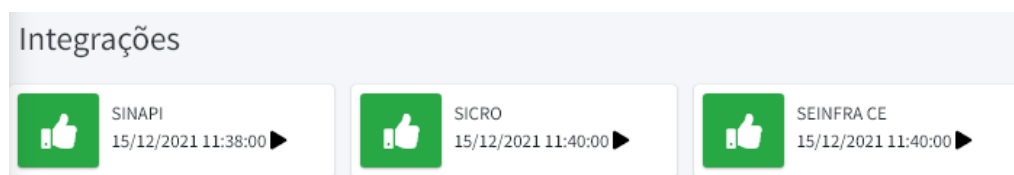


Figura 14 – Execução de integrações.

A parte inferior da tela apresenta a lista execuções de integração por tipo de sistema, com dados de data, status, entrada e log. Quando a execução possui status “ok”, é possível fazer o download dos arquivos de entrada utilizados e de log gerados.

4.5. Atualização de Preços de Dutos

Ao selecionar a opção “atualização de preços de dutos”, o usuário pode visualizar a cotação utilizada como referência na seção “cotação de referência”, conforme mostra a Figura 15.

Estado	Ø 1 1/2 Diâm. nom. 40mm	Ø 2 Diâm. nom. 50mm	Ø 3 Diâm. nom. 75mm	Ø 4 Diâm. nom. 100mm	Ø 5 Diâm. nom. 125mm	Ø 6 Diâm. nom. 150mm	Ø 7 Diâm. nom. 175mm	Ø 8 Diâm. nom. 200mm
Amazonas	R\$ 5,03	R\$ 11,00	R\$ 16,83	R\$ 21,26	R\$ 31,52	R\$ 44,50	R\$ 50,99	R\$ 57,48
Ceará	R\$ 6,69	R\$ 14,62	R\$ 22,36	R\$ 28,25	R\$ 41,88	R\$ 59,14	R\$ 63,28	R\$ 67,42
Paraná	R\$ 5,37	R\$ 11,73	R\$ 17,93	R\$ 22,66	R\$ 33,59	R\$ 47,43	R\$ 54,35	R\$ 61,27
Rio Grande do Sul	R\$ 7,09	R\$ 15,49	R\$ 23,69	R\$ 29,93	R\$ 44,37	R\$ 62,66	R\$ 63,14	R\$ 63,62
São Paulo	R\$ 6,69	R\$ 14,62	R\$ 22,36	R\$ 28,25	R\$ 41,88	R\$ 59,14	R\$ 63,28	R\$ 67,42

Figura 15 – Tela de atualização de preços de dutos – Referência.

Prevendo a realização de novas pesquisas no futuro para obtenção de cotações atualizadas de preços, o software permite ao usuário inserir novas cotações de referência através da importação de uma planilha *template* com os respectivos dados. Essa planilha é disponibilizada para *download* na interface do *software*, ao selecionar a opção “Download planilha modelo”.

Ao receber uma nova cotação de preços de dutos, deve-se preencher a planilha de *template* com os novos valores para cada um dos Estados de referência, como mostra a Tabela 8. Caso não haja valores para um Estado, este não aparecerá na tela do *software*.

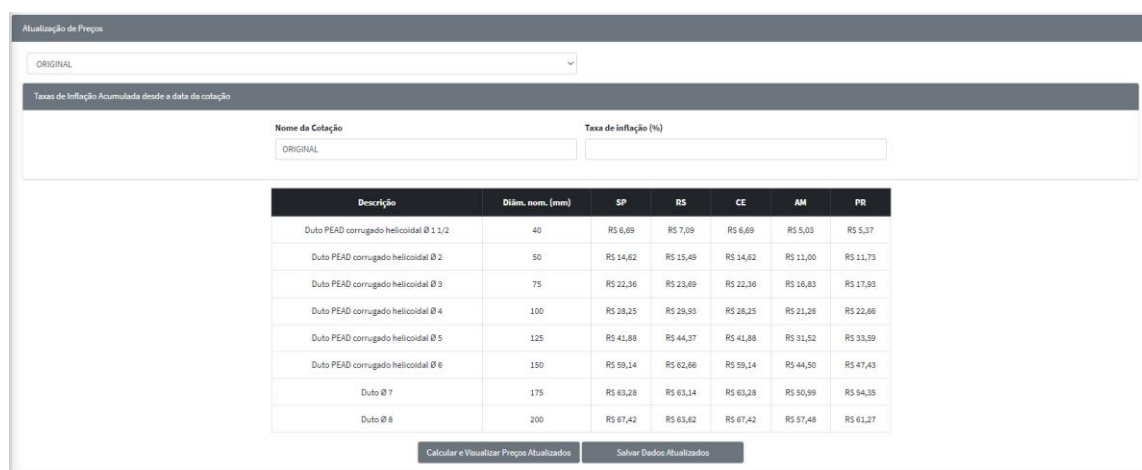
Tabela 8 – Planilha modelo para atualização de preços de dutos.

Descrição	Diâm. nom. (mm)	Acre	Alagoas	Amapá	Amazonas	Bahia	Ceará	Espírito Santo	Goiás	Maranhão	Mato Grosso	Mato Grosso do Sul	Minas Gerais	Pará	Paraná	Pernambuco	Piauí	Rio de Janeiro	Rio Grande do Norte	Rio Grande do Sul	Rondônia	Roraima	Santa Catarina	São Paulo	Sergipe	Tocantins	Distrito Federal
Duto PEAD corrugado helicoidal Ø 1 1/2"	40				R\$ 5,03		R\$ 6,69								R\$ 5,37					R\$ 7,09				R\$ 6,69			
Duto PEAD corrugado helicoidal Ø 2"	50				R\$ 11,00		R\$ 14,62								R\$ 11,73					R\$ 15,49				R\$ 14,62			
Duto PEAD corrugado helicoidal Ø 3"	75				R\$ 16,83		R\$ 22,36								R\$ 17,93					R\$ 23,69				R\$ 22,36			
Duto PEAD corrugado helicoidal Ø 4"	100				R\$ 21,26		R\$ 28,25								R\$ 22,66					R\$ 29,93				R\$ 28,25			
Duto PEAD corrugado helicoidal Ø 5"	125				R\$ 31,52		R\$ 41,88								R\$ 33,59					R\$ 44,37				R\$ 41,88			
Duto PEAD corrugado helicoidal Ø 6"	150				R\$ 44,50		R\$ 59,14								R\$ 47,43					R\$ 62,66				R\$ 59,14			
Duto PEAD corrugado helicoidal Ø 7"	175				R\$ 50,99		R\$ 63,28								R\$ 54,35					R\$ 63,14				R\$ 63,28			
Duto PEAD corrugado helicoidal Ø 8"	200				R\$ 57,48		R\$ 67,42								R\$ 61,27					R\$ 63,62				R\$ 67,42			

Na seção de Atualização de Preços, apresentada pela Figura 16, o usuário pode selecionar uma atualização já cadastrada para visualizar a taxa de inflação utilizadas

e os valores resultantes.

Para inserir uma nova atualização, o usuário deve inserir um “nome da cotação”, e o valor da “taxa de inflação (%)”. Ao clicar em “calcular e visualizar preços atualizados”, a tabela de valores atualiza as colunas de preços para todos os dutos de acordo com a nova taxa de inflação inserida. Estes valores podem ser salvos clicando-se em “salvar dados atualizados”.

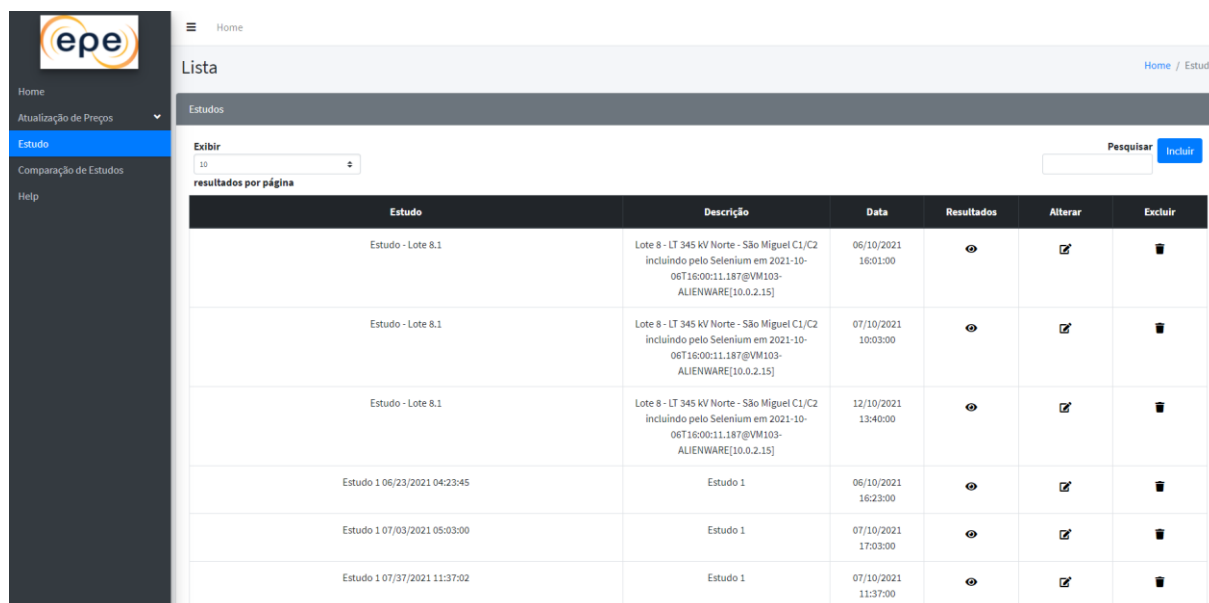


Descrição	Diâm. nom. (mm)	SP	RS	CE	AM	PR
Duto PEAD corrugado helicoidal Ø 1 1/2	40	R\$ 6,69	R\$ 7,09	R\$ 6,69	R\$ 5,03	R\$ 5,37
Duto PEAD corrugado helicoidal Ø 2	50	R\$ 14,62	R\$ 15,49	R\$ 14,62	R\$ 11,00	R\$ 11,73
Duto PEAD corrugado helicoidal Ø 3	75	R\$ 22,36	R\$ 23,69	R\$ 22,36	R\$ 16,83	R\$ 17,93
Duto PEAD corrugado helicoidal Ø 4	100	R\$ 28,25	R\$ 29,93	R\$ 28,25	R\$ 21,26	R\$ 22,66
Duto PEAD corrugado helicoidal Ø 5	125	R\$ 41,88	R\$ 44,37	R\$ 41,88	R\$ 31,52	R\$ 33,59
Duto PEAD corrugado helicoidal Ø 6	150	R\$ 59,14	R\$ 62,66	R\$ 59,14	R\$ 44,50	R\$ 47,43
Duto Ø 7	175	R\$ 63,28	R\$ 63,14	R\$ 63,28	R\$ 50,99	R\$ 54,35
Duto Ø 8	200	R\$ 67,42	R\$ 63,62	R\$ 67,42	R\$ 57,48	R\$ 61,27

Figura 16 – Tela de atualização de preços de dutos – Atualização.

5. Estudo Detalhado

Ao acessar a opção “estudo”, o usuário pode visualizar uma lista com todos os estudos já cadastrados na ferramenta, conforme apresentado na Figura 17.



Estudo	Descrição	Data	Resultados	Alterar	Excluir
Estudo - Lote 8.1	Lote 8 - LT 345 kV Norte - São Miguel C1/C2 incluindo pelo Selenium em 2021-10-06T16:00:11.187@VM103-ALIENWARE[10.0.2.15]	06/10/2021 16:01:00			
Estudo - Lote 8.1	Lote 8 - LT 345 kV Norte - São Miguel C1/C2 incluindo pelo Selenium em 2021-10-06T16:00:11.187@VM103-ALIENWARE[10.0.2.15]	07/10/2021 10:03:00			
Estudo - Lote 8.1	Lote 8 - LT 345 kV Norte - São Miguel C1/C2 incluindo pelo Selenium em 2021-10-06T16:00:11.187@VM103-ALIENWARE[10.0.2.15]	12/10/2021 13:40:00			
Estudo 1 06/23/2021 04:23:45	Estudo 1	06/10/2021 16:23:00			
Estudo 1 07/03/2021 05:03:00	Estudo 1	07/10/2021 17:03:00			
Estudo 1 07/37/2021 11:37:02	Estudo 1	07/10/2021 11:37:00			

Figura 17 - Tela “estudo” com os casos cadastrados no software.

Para cadastrar um novo estudo, o usuário deve acessar a opção “incluir”, no canto direito superior da tela. O software permite duas opções para cadastro:

- Estudo detalhado: inclusão de todos os dados de entrada previstos na ferramenta para execução de um estudo único.
- Estudo simplificado (em batelada): Utilização de dados padronizados para a simplificação do cadastro. Nessa opção, o usuário realiza a importação de duas planilhas com dados referentes a múltiplas linhas de transmissão e o software realiza os cálculos de maneira automática (cálculo em batelada), gerando um arquivo de saída em formato .csv com os resultados.

A tela para a seleção entre estudo detalhado ou estudo simplificado é apresentada na Figura 18.

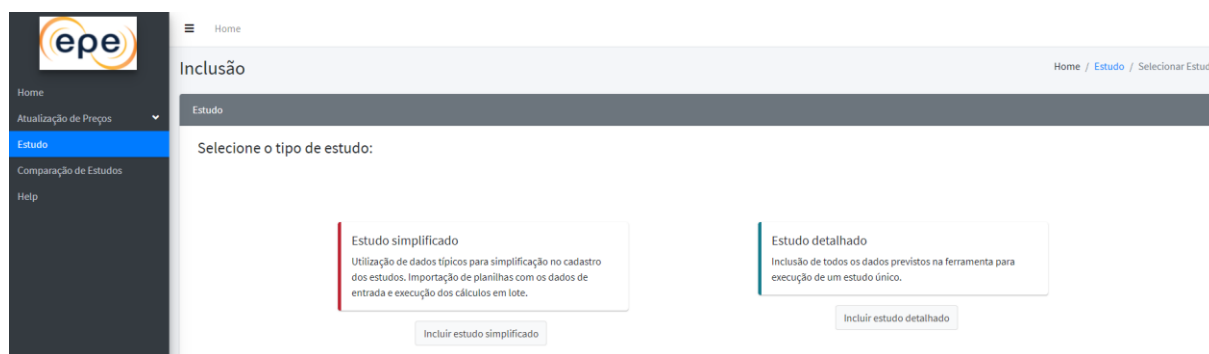


Figura 18 - Tela para seleção de tipo de estudo.

5.1. Cadastro de Estudo Detalhado

Após selecionar a opção “incluir estudo detalhado”, o usuário acessa uma página com diversas abas para inserir os dados da linha a ser estudada.

Na aba inicial “Estudo”, apresentada na Figura 19, inicialmente deve ser escolhido um nome para o estudo e uma descrição. Essas informações são apresentadas ao usuário na lista com os estudos cadastrados na ferramenta (Figura 17).

Figura 19 – Tela para inserção de informações gerais sobre o estudo.

Caso a linha estudada possua dados de entrada semelhantes a um estudo cadastrado previamente, o usuário pode selecionar a opção “copiar dados de um estudo anterior”. Todos os dados de entrada do estudo anterior serão preenchidos para o presente estudo, sendo que o usuário pode alterar quaisquer informações posteriormente.

Ainda nessa aba, devem ser preenchidas as seguintes informações sobre o estudo em questão:

- Data (mês e ano) e local (unidade federal) do estudo;
- Taxa de câmbio (dólar americano e euro) da data do estudo;
- Considerar ou não as seguintes opções:
 - ICMS – Considerar Alíquota Estadual
 - Aplicar REIDI
 - Incluir Ensaio de Tipo
 - Realização de Ensaio após instalação

Para o cadastro dos dados referentes à linha de transmissão, o usuário deve inserir informações sobre a linha e sobre os cabos de potência. As informações sobre a linha, cuja tela é apresentada na Figura 20, são listadas a seguir:

- Tipo: linha subterrânea ou subaquática;
- Comprimento total da linha (km);
- Nível da corrente de curto-circuito (kA);
- Classe de tensão do cabo de potência (kV);
- Tipo de cabo: unipolar ou tripolar;
- Material do condutor: cobre ou alumínio;
- Seção nominal do cabo (mm²);
- Tipo de circuito: simples ou duplo;
- Número de cabos ópticos;
- Diâmetro do condutor de alta tensão (m);
- Diâmetro do cabo óptico (m).

Figura 20 – Tela para inserir dados sobre a linha de transmissão e cabos de potência.

Caso seja escolhida a opção de linha subaquática, o usuário deve inserir informações adicionais, conforme apresentado na Figura 21:

- Potência aparente da LT subaquática (MVA);
- Tipo de instalação da LT subaquática: superficial em água rasa, enterrada em água rasa, ou alto mar;
- Despesas totais de instalação subaquática, incluindo mão de obra, deslocamento, equipamentos etc. (R\$).

Figura 21 – Inserção de informações sobre linhas subaquáticas.

Em relação aos cabos de potência, a informações a serem inseridas pelo usuário são apresentadas na Figura 22 e na Figura 23:

- Condutor: diâmetro externo (mm);
- Blindagem semicondutora do condutor: diâmetro externo (mm);
- Isolação: Diâmetro externo (mm) e material;
- Blindagem semicondutora da isolamento: diâmetro externo (mm);
- Blindagem metálica de fios: diâmetro externo (mm), diâmetro das fitas de bloqueio (mm), diâmetro do fio (mm), número de fios, relação diâmetro/ passo,

material e número de cabos ópticos;

- Capa metálica: diâmetro externo (mm), material e espessura (mm);
- Reunião: relação diâmetro/passo;
- Armação metálica de fios: diâmetro externo (mm), espessura (mm), número de fios, relação diâmetro/passo e material;
- Acolchoamento: diâmetro externo (mm) e material;
- Cobertura: diâmetro externo (mm) e material;
- Enchimento: diâmetro externo (mm).

The screenshot shows the 'Cabos de Potência' application interface. On the left is a sidebar with navigation links: Home, Atualização de Preços, Estudo (highlighted), Comparação de Estudos, and Help. The main area displays several configuration panels for power cables. The 'Condutores' panel includes a 'Diâmetro Externo (mm)' input field. The 'Blindagem Semicondutora do Conductor' panel has a 'Diâmetro Externo Semicondutor (mm)' input field. The 'Isolação' panel includes 'Diâmetro Externo (mm)' and 'Material' (set to XLPE) fields. The 'Blindagem Semicondutora da Isolação' panel has a 'Diâmetro Externo Semicondutor (mm)' input field. The 'Blindagem Metálica de Fios' panel includes 'Diâmetro externo (mm)', 'Diâmetro das Fitas de Bloqueio (mm)', 'Diâmetro do Fio (mm)', 'Número de Fios', 'Passo/diâmetro' (set to 8,0000), 'Material' (set to Cobre), and 'Número de Cabos Ópticos' fields. The 'Capa Metálica' panel includes 'Diâmetro Externo (mm)', 'Material' (set to Cobre), and 'Diâmetro do fio (mm)' fields.

Figura 22 – Inserção de informações sobre cabos de potência 1.

This screenshot shows the continuation of the 'Cabos de Potência' configuration interface. The 'Reunião' panel has a 'Passo/diâmetro' input field with the value 25,0000. The 'Armação Metálica de Fios' panel includes 'Diâmetro externo (mm)', 'Diâmetro do fio (mm)', 'Número de Fios', 'Passo/diâmetro' (set to 12,0000), and 'Material' (set to Cobre) fields. The 'Acolchoamento' panel has 'Diâmetro Externo (mm)' and 'Material' (set to Blindagens semicondutoras) fields. The 'Cobertura' panel has 'Diâmetro Externo (mm)' and 'Material' (set to PEAD) fields. The 'Enchimento' panel has 'Diâmetro Externo (mm)' and 'Material' (set to PEAD) fields. At the bottom right, there are 'Cancelar' and 'Salvar' buttons.

Figura 23 – Inserção de informações sobre cabos de potência 2.

Na seção “rota”, referente aos dados da rota da linha de transmissão, o usuário deve inicialmente inserir os dados da vala, listados a seguir e apresentados na Figura 24:

- Y – Profundidade da vala (m);
- H – Profundidade do *backfill* (m);
- X – Largura da vala (m);
- C – Espessura da proteção de concreto (m);
- Δx (m);
- Tipo de solo – categoria 1 ou categoria 2;
- Tipo de instalação – dutos ou diretamente enterrados;
- % alta interferência – porcentagem de solo de alta interferência;
- % baixa interferência – porcentagem de solo de baixa interferência;

The screenshot shows the 'Vala' (Trench) section of the EPE software. The main panel is titled 'Inserir Dados da Vala' and contains a table with the following columns: Tipo Vala, Y - Profundidade (m), H - Profundidade Backfill (m), X - Largura Vala (m), C - Espessura Proteção Concreto (m), Delta X (m), Tipo de Solo, Tipo de Instalação, % alta interferência, % baixa interferência, Alterar, and Excluir. Below the table are two diagrams illustrating trench cross-sections. The left diagram shows a rectangular trench with dimensions Y (depth), H (backfill depth), X (width), and C (concrete protection thickness). The right diagram shows a trapezoidal trench with dimensions Y (depth), H (backfill depth), X (width), C (concrete protection thickness), and Δx (slope). Both diagrams show the trench filled with 'Solo' (soil) and 'Backfill' material, with 'Proteção de concreto' (concrete protection) at the bottom.

Figura 24 – Tela para cadastro de tipos de vala.

Após inserir todas as informações, para salvar os dados da primeira vala cadastrada, o usuário deve clicar em “adicionar”. Caso exista mais de um tipo de vala prevista no projeto, o usuário repetir o processo descrito anteriormente para cadastrar as demais valas, que serão listadas sequencialmente na tela do *software*.

Em seguida, para o cadastro de cada um dos lances previstos na rota da linha de transmissão (Figura 25), devem ser preenchidas as seguintes informações:

- Comprimento do lance (m);

- Instalação (%) – porcentagens de vala, MND e túnel empregadas na instalação do lance;
- Tipo de vala – selecionar um dos tipos de vala cadastrados previamente que será utilizado na instalação do lance;
- Acessório de início do lance: terminal externo, terminal SF6 ou emenda;
- Aterramento – aterrado ou isolado;
- Cabo de aterramento: seção (mm²) e diâmetro (m). Essa opção engloba os casos em que existe cabo de aterramento ao longo da linha de transmissão, obrigatório nos trechos com ligação *single-point*. Para casos poucos usuais de lances com ligação *cross-bonded* e cabo de aterramento ao longo da linha, os dados do cabo também devem ser inseridos. Para as demais situações, os dados do cabo de aterramento não devem ser inseridos.

No.	Comprimento(m)	Instalação (%) Vala, MND, Túnel	Tipo Vala	Acessório início Lance	Aterramento	Cabo Aterramento Seção(mm²); Diâmetro(m)	Alterar	Excluir
#	Lance Final			Termina Externo	Aterrado	Seção Diâmetr		
		Vala MND Túnel	Trecho sem Val	Termina Externo	Aterrado	Seção Diâmetr		Adicionar

Figura 25 - Tela para cadastro de informações sobre lances da rota e dados sobre MND e túneis.

Ademais, caso a linha possua trechos com instalação de MND ou túneis, são necessárias as seguintes informações:

- MND
 - Número de dutos por furo;
 - Número de cabos por furo;
- Túneis
 - Profundidade média (m);
 - Diâmetro livre (m);
 - Número de poços;

- Escavação – tipo de solo: categoria 1 ou categoria 2.

Após realizar o processo de atualização de preços, detalhada no capítulo 4 deste relatório, a seção “preços e custos” permite ao usuário associar uma das cotações existentes no banco de dados da ferramenta para cada um dos elementos apresentados na Figura 26: cabos, acessórios, serviços e dutos.

De maneira semelhante, após a importação de informações provenientes dos sistemas SINAP, SICRO e SEINFRA, utilizadas no cálculo dos custos de obras civis, o usuário pode escolher um dos conjuntos de dados existentes na ferramenta.

A imagem mostra a interface de usuário da ferramenta EPE. No topo, há uma barra de navegação com o logo 'epe' e o título 'Inclusão'. Abaixo, há uma barra lateral com opções como 'Home', 'Atualização de Preços', 'Estudo', 'Comparação de Estudos' e 'Help'. O conteúdo principal é dividido em duas seções principais: 'Cabos, Acessórios e Serviços' (destacada em amarelo) e 'Custo de Obras Civis' (destacada em azul). A primeira seção contém campos para selecionar 'Cabos', 'Acessórios' e 'Serviços', além de um formulário para 'Dutos' com campos para 'Referência', 'UF' e 'Acre (AC)'. A segunda seção contém campos para selecionar dados de 'SINAPI', 'SICRO' e 'SEINFRA'. No canto inferior direito, há botões 'Cancelar' e 'Salvar'.

Figura 26 – Cadastro de informações sobre preços de cabos, acessórios e serviços e custos de obras civis.

Visando simplificar o processo de cadastro de estudo e diminuir a quantidade de dados a serem inseridos pelo usuário em cada estudo, na seção “dados padronizados”, foram definidos valores padrão para algumas variáveis, agrupadas da seguinte maneira:

- Serviços;
- Obras civis;
- Cabos e acessórios;
- Operação e manutenção;
- Faixa de servidão e CCI.

Cada um dos dados padronizados pode ser editado pelo usuário na interface da ferramenta.

Os dados padronizados utilizados para o cálculo de custos de serviços são divididos em cinco grupos, conforme apresentado na Figura 27.

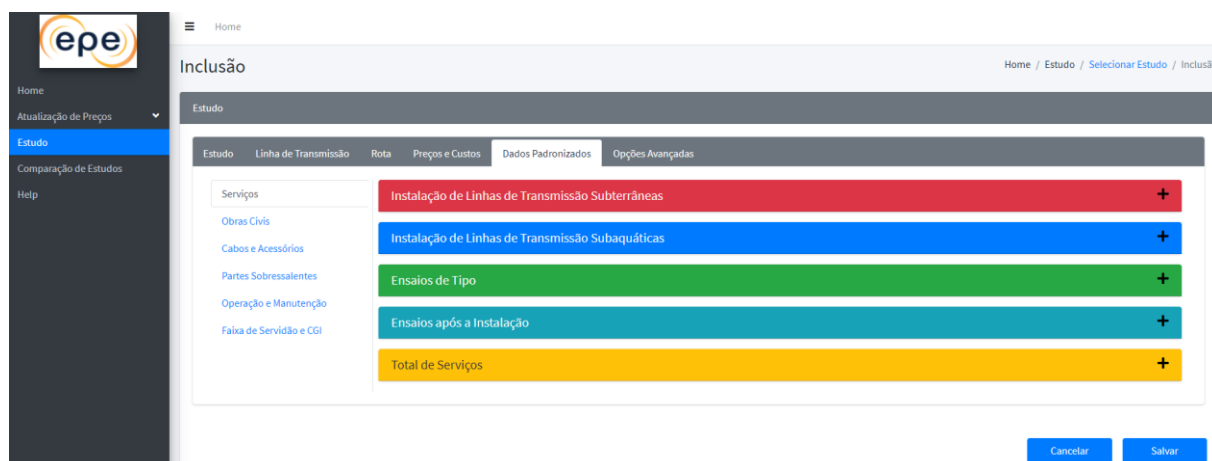


Figura 27 – Tela para visualização e edição de dados padronizados.

Os dados padronizados referentes a instalação de linhas de transmissão subterrâneas são apresentados na Figura 28.

Instalação de Linhas de Transmissão Subterrâneas		
Sigla	Descrição	Valor Padrão
PID	produtividade média de instalação dos dutos (metros por dia, com turno de 8 horas)	200
PLC	produtividade média de lançamento dos cabos (lances)	2
PM1	produtividade média de montagem de terminais para uso externo (dias, com turno de 8 horas)	5
PM2	produtividade média de montagem de terminais para GIS (dias, com turno de 8 h)	4
PM3	produtividade média de montagem de emendas (dias, com turno de 8 h)	4
PM4	produtividade média de montagem do DTS (default: 3 dias, com turno de 8 h)	3
PLT	produtividade média de instalação dos cabos em túnel (metros por dia, com turno de 8 h)	200
UDTS	Custo unitário de supervisão e instalação de DTS (€)	18500,00
USL	Custo unitário de supervisão e lançamento de cabos pelo fabricante (€)	1330,00

Figura 28 – Dados padronizados referentes a instalação de LT subterrâneas.

Na Figura 29 e na Figura 30 são apresentados os dados padronizados referentes a instalação de linhas de transmissão subaquáticas, ensaios de tipo, ensaios após a instalação e total de serviços.

Instalação de Linhas de Transmissão Subaquáticas		
Sigla	Descrição	Valor Padrão
V1	velocidade de instalação superficial (km/h)	9,26
EMB	preço da embarcação (US\$/dia)	65000
COMB	preço do combustível da embarcação (US\$/dia)	25000
TD	tempo de deslocamento da embarcação até o local de instalação, ida e volta (dias)	10

Ensaio de Tipo		
Sigla	Descrição	Valor Padrão
PMDL	preço médio da diária do laboratório para ensaios de tipo (US\$/dia)	3000

Figura 29 – Dados padronizados referentes a instalação de LT subaquáticas e ensaios de tipo.

Ensaio após a Instalação		
Sigla	Descrição	Valor Padrão
FENSAIO	frequência de ensaio (Hz)	20
PMR	preço do módulo ressonante (US\$)	100000
T1	tempo de ensaio por fase (h)	12
T2	tempo de montagens e transporte (h)	48

Total de Serviços		
Sigla	Descrição	Valor Padrão
AMS%	percentual de administração e mobilização de serviços, aplicado sobre o valor total de serviços (%)	3

Figura 30 – Dados padronizados referentes a ensaios após a instalação e total de serviços.

Os dados padronizados referentes a obras civis são divididos em quatro grupos, conforme apresentado Figura 31.

Figura 31 – Dados padronizados referentes obras civis.

Na Figura 32 e na Figura 33 são apresentados os dados padronizados referentes a trechos em valas e em túneis, fundação para terminal externo e total de serviços sobre o valor de obra civil.

Sigla	Descrição	Valor Padrão
FEB	Fator de expansão do backfill, adotado como 1,45, para considerar o volume maior necessário antes da compactação	1,45
DMA	Distância média do aterro à obra (default: 25 km, pois admitem-se distâncias grandes entre um local de implantação de LT subterrâneas, urbanizados ou com restrições ambientais, e áreas de aterro)	25

Sigla	Descrição	Valor Padrão
COS	Custo de outros sistemas na instalação de túneis (R\$)	0

Figura 32 – Dados padronizados referentes a trechos em valas e em túnel.

Sigla	Descrição	230 kV	345 kV e 500 kV
UCE	Custo de unitário do concreto estrutural equivalente (R\$/m³)	3584,78	3783,35

Sigla	Descrição	Valor Padrão
AM%	percentual de administração e mobilização de serviços, aplicado sobre o valor total de obras civis (%)	3

Figura 33 – Dados padronizados referentes a fundação para terminal externo e total de serviços de obras civis.

Dados padronizados utilizados para o cálculo de preços de cabos e acessórios são apresentados na Figura 34.

Sigla	Descrição	Valor Padrão
DI%	Despesas de importação, incluindo frete e seguro (simplicadamente pode-se adotar 5 % para cabos oriundos da Europa e 10 % para aqueles oriundos da Ásia)	10

Figura 34 – Dados padronizados referentes a cabos e acessórios.

Dados padronizados referentes a partes sobressalentes do estudo em questão são apresentados na Figura 35.

Lance(s) de cabo de potência	Comprimento do lance (m)
1	500

Terminal (quantidade por tipo)	Emendas
1	2

Figura 35 – Dados padronizados referentes a partes sobressalentes.

Dados padronizados referentes à operação e manutenção da linha de transmissão em estudo são apresentados na Figura 36.

Linhas subterrâneas (k€/km/ano)	Linhas subaquáticas (k€/km/ano)
1,4	0,15

Figura 36 – Dados padronizados referentes a operação e manutenção de linhas de transmissão.

Dados padronizados referentes à faixa de servidão e CCI são apresentados na Figura 37.

Sigla	Descrição	Valor Padrão
CCI	Contrato de Compartilhamento das Instalações (RS)	0
FS	Faixa de servidão (se aplicável) (RS)	0
OU	Outros custos (se aplicável) (RS)	0

Figura 37 – Dados padronizados referentes a faixas de servidão e CCI.

Na seção de opções avançadas são listadas informações referentes a benefícios e despesas indiretas (BDI e BDIS), alíquotas de impostos e propriedades e dados gerais.

Em relação aos benefícios e despesas indiretas, o *software* disponibiliza como valores padrão os valores estabelecidos pelo TCU. O usuário pode alterar individualmente cada um dos valores que compõem a fórmula do BDI, conforme apresentado na Figura 38.

Sigla	Descrição	Valor Padrão
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas	☐ Valores TCU
AC	Rateio da administração central (%)	☐ 5,92
R	Taxa para riscos (%)	☐ 1,48
S + G	Taxas dos seguros (%) + Taxa referente às garantias (%)	☐ 0,51
DF	Despesas financeiras (%)	☐ 1,07
L	Lucro percentual sobre os custos diretos (%)	☐ 8,31
T	Alíquotas efetivas de impostos aplicáveis (%)	☐ 7,68

Figura 38 – Visualização e edição de dados sobre BDI e BDIS.

O cálculo para os benefícios e despesas indiretas referentes a serviços (BDIS) é idêntico ao BDI.

Nas figuras Figura 39 e Figura 40 são apresentadas as telas com dados padronizados das seguintes alíquotas de impostos:

- Impostos de importação para cabos de alta tensão (NCM 8544.60.00);
- Impostos de importação para acessórios, exceto DTS (NCM 8535.90.00);
- Impostos de importação para DTS (NCM 9027.50.90);
- Imposto sobre circulação de mercadorias e serviços.

Impostos de importação para cabos de alta tensão (NCM 8544.60.00)

Alíquotas (%)	Sem REIDI	Com REIDI
II	16,00	16,00
IPI	5,00	5,00
PIS	2,10	0
COFINS	9,65	0
Acumulado	33,55	21,80

Impostos de importação para acessórios, exceto DTS (NCM 8535.90.00)

Alíquotas (%)	Sem REIDI	Com REIDI
II	16,00	16,00
IPI	5,00	5,00
PIS	2,10	0
COFINS	9,65	0
Acumulado	33,55	21,80

Figura 39 – Visualização e edição de dados referentes a impostos de importação para cabos de alta tensão e acessórios.

Impostos de importação para DTS (NCM 9027.50.90)		
Alíquotas (%)	Sem REIDI	Com REIDI
II	14,00	14,00
IPI	0,00	0,00
PIS	2,10	0
COFINS	10,65	0
Acumulado	26,75	14,00

Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços		
Sigla	Descrição	Valor
ICMS	Alíquota do ICMS	4,00

Figura 40 - Visualização e edição de dados referentes a impostos de importação para DTS e impostos sobre circulação de mercadorias e serviços.

Por fim, na seção “dados padronizados”, são disponibilizadas tabelas com valores padronizados de densidade de materiais, resistência de condutores, diâmetro de dutos e dimensões de caixas de emendas e abrigos, conforme apresentado na Figura 41, Figura 42 e Figura 43. Caso necessário, o usuário pode alterar ou adicionar novos valores nas tabelas.

Densidade (g/cm³)	
Material	Densidade (g/cm³)
Cu	8,89
Al	2,7
Pb	11,4
Blindagens Semicondutoras	1,17
XLPE	0,92
Polylam	2,7
PEAD	0,965
Ráfia de PP com composto betuminoso	0,91

Figura 41 – Visualização e edição de dados de densidade de materiais.

Resistências em corrente contínua a 20°C dos condutores - $R_{20}(Ω/km)$			
Seção (mm²)		Cu	Al
	240	0,0754	0,1250
	300	0,0601	0,1000
	400	0,0470	0,0778
	500	0,0778	0,0778
	630	0,0283	0,0469
	800	0,0221	0,0367
	1000	0,0176	0,0291
	1200	0,0151	0,0247
	1400	0,0129	0,0212
	1600	0,0113	0,0186
	1800	0,0101	0,0165
	2000	0,0090	0,0149
	2500	0,0072	0,0119
	3000	0,0060	0,0099

Figura 42 – Visualização e edição de dados de resistências em corrente contínua a 20°C dos condutores.

Diâmetros de dutos corrugados de PEAD				
pol.		mm	Diâm. Externo (mm)	Diâm. Interno (mm)
	1.1/4	30	41,3	31,5
	1.1/2	40	56,0	43,0
	2	50	63,4	50,8
	3	75	89,5	75,0
	4	100	124,5	103,0
	5	125	155,0	128,0
	6	150	190,0	155,0
	7	175	202,0	176,0
	8	200	250,0	205,0

Dimensões de caixas de emendas e abrigos			
Caixa/Abrigo	Largura (m)	Comprimento (m)	Profundidade (m)
Caixa de emendas - 1 circuito	1,6	7,5	2,0
Caixa de emendas - 2 circuitos	3,0	18,0	2,0
Abrigo de link box (um por circuito)	1,0	1,2	1

Figura 43 – Visualização e edição de dados de diâmetro de dutos e dimensões de caixas de emendas e abrigos.

5.2. Resultados para Estudo Completo

Ao finalizar o cadastro de um novo estudo, clicando-se na opção “salvar”, no canto direito inferior da tela, o usuário é redirecionado para a tela de resultados, como mostra a Figura 44. Esta tela pode ainda ser acessada através da opção “resultados”, na tela “estudo” em que há uma lista com todos os estudos já cadastrados na ferramenta. Os resultados são apresentados em quatro seções: fator de correção, custos unitários e totais, curva ABC, e gráfico.



Figura 44 – Tela de resultados.

A seção “custos unitários e totais” possui todas as informações resultantes calculadas para o estudo. Caso seja um estudo de linha subterrânea, os custos são divididos em quatro tipos – serviços, materiais, obras civis e outros. Caso seja um estudo de linha subaquática, os custos são divididos em três tipos – serviços, materiais, e trecho de transição. Independentemente do tipo de linha, para cada um dos tipos, há a divisão dos custos em categorias com sua descrição, a quantidade considerada no estudo, o preço unitário, o preço total e a porcentagem em relação ao total geral, além do subtotal para o tipo, como mostra a Figura 45.

Custos Unitários e Totais					
Tipo	Descrição	Quant.	R\$/un.	R\$	% total
Serviços	Administração e mobilização	1.00%	R\$ 254.748,10	R\$ 254.748,10	0.24%
	Montagens eletromecânicas	1	R\$ 7.272.002,76	R\$ 7.272.002,76	6.71%
	Instalação e comissionam. DTS	1	R\$ 119.757,15	R\$ 119.757,15	0.11%
	Ensaio de tipo	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	0.00%
	Ensaio após a instalação	1	R\$ 1.099.843,30	R\$ 1.099.843,30	1.02%
	Subtotal serviços			R\$ 8.746.351,31	8.14%
	Projeto, licenças, suprimentos e logística			R\$ 5.937.244,54	5.48%
Materiais	Cabo de potência de alta tensão	52004.27 (m)	R\$ 1.044,99	R\$ 54.344.179,02	50.17%

Figura 45 – Tela de resultados – Custos unitários e totais.

A seção “fator de correção” possui os coeficientes de segurança, para que o usuário possa realizar análises de sensibilidade rapidamente, corrigindo a falta de custos de alguns itens menores etc., conforme apresenta a Figura 46. Os fatores são:

F_1 : fator de correção do preço dos cabos e acessórios.

F_2 : fator de correção do preço das obras civis.

F_3 : fator de correção do preço dos serviços.

F_4 : fator de correção do preço da instalação de cabos subaquáticos.

Figura 46 – Tela de resultados – Fator de correção.

Para fazer um ajuste, o usuário pode clicar em “novo”, inserir um nome ao ajuste, fazer a alteração dos fatores e clicar em “ajustar” para visualizar os resultados aplicados a tabela presente na seção “custos unitários e totais”. Este ajuste pode ser salvo, clicando-se no botão “salvar”.

A seção “gráfico” é a representação gráfica da tabela presente na seção “curva ABC”, como mostra a Figura 47. Estes resultados possibilitam ao usuário a visualização do impacto dos principais itens ao custo total geral do estudo.

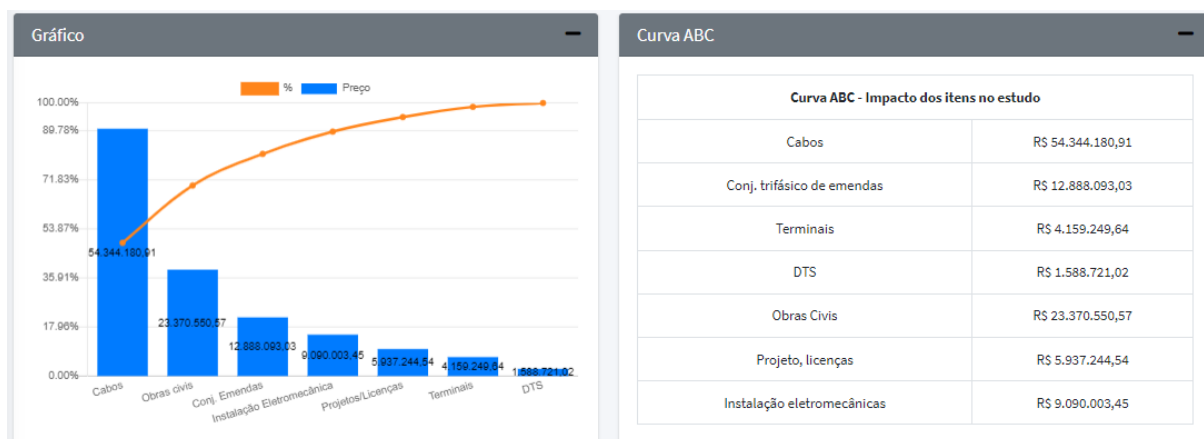


Figura 47 – Tela de resultados – Gráfico e Curva ABC.

5.3. Comparação entre Estudos

Ao selecionar a opção “comparação de estudos”, o usuário acessa a página para

comparar os resultados de dois estudos, como mostra a Figura 48.

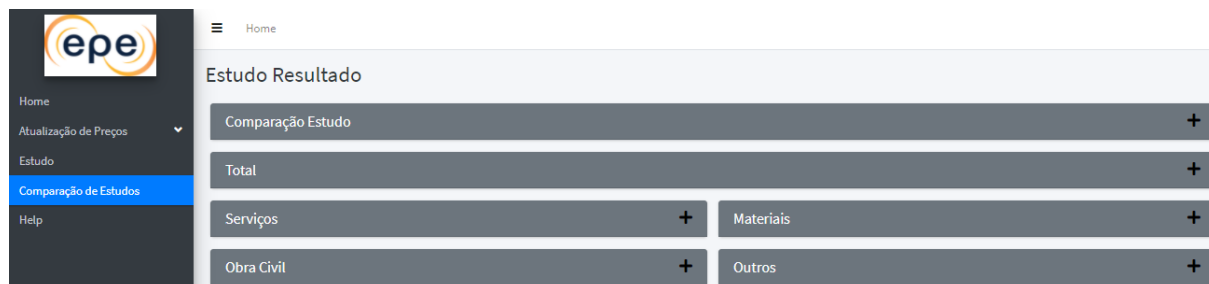


Figura 48 – Comparação de estudos.

Na seção “comparação estudo”, o usuário seleciona os dois estudos que deseja comparar, e o fator de correção cadastrado para cada um deles, como mostra a Figura 49.

Figura 49 – Comparação de estudos – seleção.

Ao clicar em “comparar”, a ferramenta carrega os gráficos de comparação de resultados de custos totais, conforme Figura 50, e de custos por tipo, conforme Figura 51. Em cada um dos gráficos de custos por tipo, há ainda a segregação dos custos nas categorias daquele tipo.

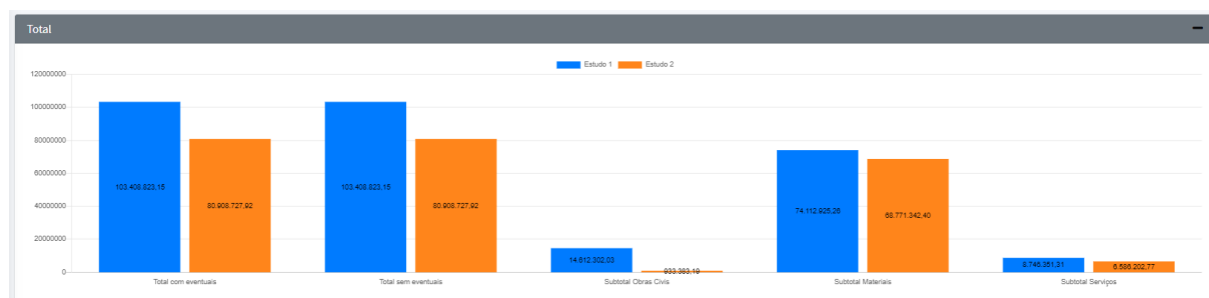


Figura 50 – Comparação de estudos – custos totais.

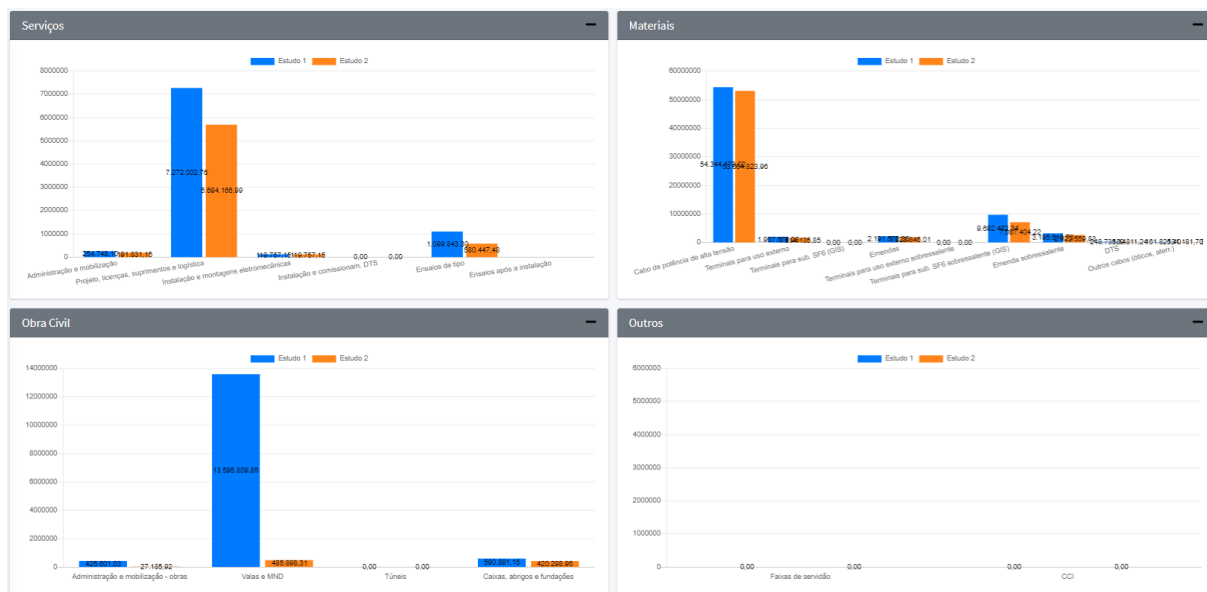


Figura 51 – Comparação de estudos – custos por tipo.

6. Estudo Simplificado – Simulação em Batelada

Nessa opção, foram definidos valores padronizados para determinadas informações, visando simplificar o processo de cadastro na ferramenta e viabilizar a simulação de múltiplos estudos de maneira automática (simulação em batelada).

As premissas principais para o estudo em lote são:

- Lance típico com 700 m;
- Dois últimos lances com média do comprimento restante;
- Emendas e terminais aterrados;
- Sem a utilização de cabo de aterramento.

O estudo simplificado faz os mesmos cálculos do estudo detalhado.

Após selecionar a opção de cadastro de estudo simplificado dentro da tela de inclusão de estudo, o usuário acessa a tela apresentada na Figura 52.

Início	Fim	Status	Resultados	Planilha de entrada	Arquivo de log	Excluir
17/12/2021 16:55:00	17/12/2021 16:55:00	OK - FINALIZADO				
17/12/2021 17:02:00	17/12/2021 17:13:00	OK - FINALIZADO				

Figura 52 – Tela para cadastro e visualização de estudos em lote.

6.1. Cadastro de Estudo Simplificado (Lote)

Para o cadastro de um novo estudo em lote, foram elaboradas duas planilhas com dados referentes às linhas de transmissão, de maneira a simplificar o processo de cadastro de dados no *software*. Essas planilhas são disponibilizadas para *download* na interface do *software*, ao selecionar a opção “planilhas padrão”.

A primeira planilha, de parâmetros fixos, possui informações sobre três tipos diferentes de valas, conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 – Dados padronizados de tipos de valas.

Vala								
idVala	Y	H	X	C	deltaX	Tipo de solo	% alta interferência	% baixa interferência
1	2.5	1.4	1.6	0.05	0	CATEGORIA_1	50	50
2	1.7	0.6	2.8	0.05	0	CATEGORIA_1	50	50
3	1.7	0.6	1.2	0.05	0	CATEGORIA_1	50	50

Nessa tabela também foram definidos 16 tipos de cabos, conforme apresentado na Tabela 10.

Ademais, a tabela possui informações de rotas com MND e túneis, dados padronizados e opções avançadas que não serão alteradas nos casos simulados.

Tabela 10 – Dados padronizados de tipos de cabos de potência

idCondutor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Classe Tensão Cabos de Pot	230	230	230	230	230	230	230	230	345	345	345	345	345	345	345	345
Nível da corrente de curto	50	50	50	50	50	50	50	50	63	63	63	63	63	63	63	63
Material do Condutor	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	COBRE	COBRE	COBRE	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	COBRE	COBRE	COBRE
Seção nominal do cabo (mm²)	800	1200	1600	2000	2500	1600	2000	2500	800	1200	1600	2000	2500	1600	2000	2500
Condutor																
Diâmetro Externo (mm)	35	43	49	54	63,5	49	57,2	62,4	35	43	49	54	63,5	49	57,2	62,4
Blindagem Semicondutora do Condutor																
Diâmetro Externo Semicon	38,6	46,6	52,6	57,6	67,1	52,6	60,8	66	38,6	46,6	52,6	57,6	67,1	52,6	60,8	66
Isolação																
Diâmetro Externo (mm)	84,6	92,6	98,6	103,6	113,1	101,6	109,8	115	90,6	98,6	104,6	109,6	119,1	104,6	112,8	118
Material	XLPE	XLPE	XLPE	XLPE	XLPE	XLPE	XLPE	XLPE	XLPE	XLPE	XLPE	XLPE	XLPE	XLPE	XLPE	XLPE
Blindagem Semicondutora da Isolação																
Diâmetro Externo Semicon	89,2	97,2	103,2	108,2	117,7	106,2	114,4	119,6	95,2	103,2	109,2	114,2	123,7	109,2	117,4	122,6
Blindagem Metálica de Fios																
Diâmetro externo (mm)	93	101	107	112	121,5	110	118,2	123,4	99	107	113	118	127,5	113	121,2	126,4
Diâmetro das Fitas de Bloc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diâmetro do Fio (mm)	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
Número de Fios	90	90	90	90	90	90	90	90	115	115	115	115	115	115	115	115
Passo/Diâmetro Médio	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
Material	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE
Número de Cabos Ópticos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Capa Metálica																
Diâmetro externo (mm)	93,5	101,5	107,5	112,5	122	110,5	118,7	123,9	99,5	107,5	113,5	118,5	128	113,5	121,7	126,9
Material	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO
Espessura (mm)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Reunião																
Passo/Diâmetro Médio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Armação Metálica de Fios																
Diâmetro Externo (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Espessura (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de Fios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Passo/Diâmetro Médio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Material	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE	COBRE
Acolchoamento																
Diâmetro externo (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Material	M_SEMICC	M_SEMICC	M_SEMICC	M_SEMICC	M_SEMICC	M_SEMICC	M_SEMICC	M_SEMICC	M_SEMICC	M_SEMICC	M_SEMICC	M_SEMICC	M_SEMICC	M_SEMICC	M_SEMICC	M_SEMICC
Cobertura																
Diâmetro externo (mm)	102,5	110,5	116,5	121,5	131	119,5	127,7	132,9	108,5	116,5	122,5	127,5	137	122,5	130,7	135,9
Material	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD
Enchimento																
Diâmetro Externo (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Material	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD

A segunda planilha, denominada “planilha de parâmetros do usuário”, permite inserir dados específicos para cada um dos casos a serem executados no estudo em lote.

A partir da combinação dos 16 tipos de cabos e 3 tipos de valas na planilha de dados fixos, foram definidos 48 casos diferentes de linhas de transmissão que podem ser simulados de maneira automática no estudo em lote. O usuário pode escolher quais casos serão simulados editando a coluna “importar e executar” com a opção “Sim”.

A Tabela 11 ilustra os 48 casos existentes na planilha, além da primeira parte das informações a serem inseridas pelo usuário.

Tabela 11 – Informações a serem preenchidas para execução dos estudos em lote - 1.

		Estudo									Linha de Transmissão						
		Data e Local			Taxa de câmbio		Outros				Linha						
Caso de Estudo	Importar e Executar	Mês	Ano	UF	Dólar EUA (US\$/R\$)	Euro (€/R\$)	ICMS - Considerar Alíquota Estadual	Aplicar Reidi	Incluir Ensaio de Tipos	Realização de Ensaio após	Tipo de Circuito	Tipo	Comprimento total (km)	Número de Cabos Óticos	Diâmetro do cabo ótico (m)	idCondutor	idValor
1	Sim	1	2021	SP	5,19	6,38	Sim	Sim	Sim	Sim	DUPLO	SUBTERRANEA	8	2	0,03	1	1
2	Sim	1	2021	SP	5,19	6,38	Sim	Sim	Sim	Sim	DUPLO	SUBTERRANEA	8	2	0,03	2	1
3	Sim	1	2021	SP	5,19	6,38	Sim	Sim	Sim	Sim	DUPLO	SUBTERRANEA	8	2	0,03	3	1
4	Sim	1	2021	SP	5,19	6,38	Sim	Sim	Sim	Sim	DUPLO	SUBTERRANEA	8	2	0,03	4	1
5	Sim	1	2021	SP	5,19	6,38	Sim	Sim	Sim	Sim	DUPLO	SUBTERRANEA	8	2	0,03	5	1
6	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				6	1
7	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				7	1
8	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				8	1
9	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				9	1
10	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				10	1
11	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				11	1
12	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				12	1
13	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				13	1
14	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				14	1
15	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				15	1
16	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				16	1
17	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				1	2
18	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				2	2
19	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				3	2
20	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				4	2
21	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				5	2
22	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				6	2
23	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				7	2
24	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				8	2
25	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				9	2
26	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				10	2
27	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				11	2
28	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				12	2
29	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				13	2
30	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				14	2
31	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				15	2
32	Não										DUPLO	SUBTERRANEA				16	2
33	Não										SIMPLES	SUBTERRANEA				1	3
34	Não										SIMPLES	SUBTERRANEA				2	3
35	Não										SIMPLES	SUBTERRANEA				3	3
36	Não										SIMPLES	SUBTERRANEA				4	3
37	Não										SIMPLES	SUBTERRANEA				5	3
38	Não										SIMPLES	SUBTERRANEA				6	3
39	Não										SIMPLES	SUBTERRANEA				7	3
40	Não										SIMPLES	SUBTERRANEA				8	3
41	Não										SIMPLES	SUBTERRANEA				9	3
42	Não										SIMPLES	SUBTERRANEA				10	3
43	Não										SIMPLES	SUBTERRANEA				11	3
44	Não										SIMPLES	SUBTERRANEA				12	3
45	Não										SIMPLES	SUBTERRANEA				13	3
46	Não										SIMPLES	SUBTERRANEA				14	3
47	Não										SIMPLES	SUBTERRANEA				15	3
48	Não										SIMPLES	SUBTERRANEA				16	3

Além das informações referentes a data e local da obra a ser estudada, opções sobre consideração de ICMS, aplicação de REIDI, inclusão de ensaios de tipo e ensaios após a instalação, apresentadas na tabela anterior, o usuário também deve inserir as informações apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12 - Informações a serem preenchidas para execução dos estudos em lote - 2.

Caso de Estudo	Importar e Executar	Linha de Transmissão				Preços e Custos							
		Vale				Preços				Custos			
		Tipo de solo	Tipo de instalação	% alta interferência	% baixa interferência	Cabos	Acessórios	Serviços	Referência Dutos	Estado Dutos	SINAPI	SICRO	SEINFRA
1	Sim	CATEGORIA_1	DUTOS	50	50	ORIGINAL	ORIGINAL	ORIGINAL	ORIGINAL	SP	Ceará - 12	São Paulo	3/2021
2	Sim	CATEGORIA_1	DUTOS	50	50	ORIGINAL	ORIGINAL	ORIGINAL	ORIGINAL	SP	Ceará - 12	São Paulo	3/2021
3	Sim	CATEGORIA_1	DUTOS	50	50	ORIGINAL	ORIGINAL	ORIGINAL	ORIGINAL	SP	Ceará - 12	São Paulo	3/2021
4	Sim	CATEGORIA_1	DUTOS	50	50	ORIGINAL	ORIGINAL	ORIGINAL	ORIGINAL	SP	Ceará - 12	São Paulo	3/2021
5	Sim	CATEGORIA_1	DUTOS	50	50	ORIGINAL	ORIGINAL	ORIGINAL	ORIGINAL	SP	Ceará - 12	São Paulo	3/2021
6	Não												
7	Não												
8	Não												
9	Não												
10	Não												
11	Não												
12	Não												
13	Não												
14	Não												
15	Não												
16	Não												
17	Não												
18	Não												
19	Não												
20	Não												
21	Não												
22	Não												
23	Não												
24	Não												
25	Não												
26	Não												
27	Não												
28	Não												
29	Não												
30	Não												
31	Não												
32	Não												
33	Não												
34	Não												
35	Não												
36	Não												
37	Não												
38	Não												
39	Não												
40	Não												
41	Não												
42	Não												
43	Não												
44	Não												
45	Não												
46	Não												
47	Não												
48	Não												

Informações sobre preços de cabos, acessórios e serviços e custos de obras civis devem ser preenchidas com o nome exato que foi cadastrado na seção de “atualização de preços” do *software*.

Após importar ambas as planilhas devidamente preenchidas, o usuário deve selecionar a opção “executar” para a simulação dos casos do estudo em lote.

6.2. Resultados para Estudo Simplificado (Lote)

Após a finalização da execução, os resultados são disponibilizados para *download* na interface do *software*, conforme apresentado na Figura 53.

Início	Fim	Status	Resultados	Planilha de entrada	Arquivo de log	Excluir
17/12/2021 16:55:00	17/12/2021 16:55:00	OK - FINALIZADO				
17/12/2021 17:02:00	17/12/2021 17:13:00	OK - FINALIZADO				
20/12/2021 14:24:00	20/12/2021 14:37:00	OK - FINALIZADO				

Figura 53 – Apresentação de resultados do estudo em lote.

Existem opções para *download* do arquivo com resultados do estudo lote, das planilhas de entrada utilizadas no estudo e do arquivo de log gerado pelo sistema.

O arquivo com resultados possui formato .csv com as informações apresentadas nas Tabela 13 e na Tabela 14.

Tabela 13 – Resultados estudo em lote – 1.

Caso de Estudo	Comprimento da linha (km)	Nível da Corrente de curto circuito (kA)	Classe de tensão (kV)	Tipo de Cabo	Material	Seção nominal do cabo (mm2)	Tipo de circuito	Diâmetro do condutor de alta tensão (m)
1	2	50	230 kV	UNIPOLAR	ALUMINIO	800	SIMPLES	35
2	2	50	230 kV	UNIPOLAR	ALUMINIO	1200	SIMPLES	43
3	2	50	230 kV	UNIPOLAR	ALUMINIO	1600	SIMPLES	49
4	2	50	230 kV	UNIPOLAR	ALUMINIO	2000	SIMPLES	54
5	2	50	230 kV	UNIPOLAR	ALUMINIO	2500	SIMPLES	63.5

Tabela 14 – Resultados estudo em lote – 2.

Caso de Estudo	Cabos de potência de alta tensão	Subtotal Materiais	Subtotal Serviços	Subtotal Obras civis	Valor por quilômetro (R\$/km)	Total
1	R\$ 4,790,076.44	R\$ 8,532,283.47	R\$ 2,440,425.43	R\$ 2,732,925.48	R\$ 5,998,136.78	R\$ 11,996,273.57
2	R\$ 5,529,883.00	R\$ 9,272,090.03	R\$ 2,440,431.64	R\$ 2,732,925.48	R\$ 6,391,695.79	R\$ 12,783,391.59
3	R\$ 6,218,123.89	R\$ 9,960,330.92	R\$ 2,440,437.41	R\$ 2,732,925.48	R\$ 6,757,720.07	R\$ 13,515,440.13
4	R\$ 6,891,621.72	R\$ 10,633,828.75	R\$ 2,440,443.07	R\$ 2,732,925.48	R\$ 7,115,811.87	R\$ 14,231,623.74
5	R\$ 7,957,119.89	R\$ 11,699,326.92	R\$ 2,440,452.01	R\$ 2,732,925.48	R\$ 7,682,150.22	R\$ 15,364,300.43

7. Estudos de Caso para Validação da Ferramenta

Na avaliação dos resultados, é importante destacar inicialmente que a realização do custeio na etapa de planejamento está sujeita a alguns erros e incertezas, pois esse custeio não está vinculado a negociações de preço baseadas em um quantitativo específico de materiais e a um projeto executivo. Por outro lado, é razoável compreender que eventuais erros entre um custeio real e um custeio simulado são inerentes a qualquer processo de simulação e tende a afetar todas as alternativas sob avaliação de maneira uniforme.

Tendo essas limitações em mente, selecionaram-se dois casos do leilão de transmissão ANEEL Nº 001/2020, com LTS cujo trajeto fosse totalmente subterrâneo para simulações de custo e avaliação dos resultados. A seguir são apresentados dois estudos de caso:

- i. Lote 10 – uma LTS de 230 kV, com circuito duplo de 6,5 km (cabo unipolar, alumínio, 2000 mm²) localizada no Estado do Ceará;
- ii. Lote 8 – duas LTS de 345 kV, com circuito duplo, sendo uma de 8,2 km e outra de 9,2 km (cabo unipolar, alumínio, 1600 mm²) localizadas no estado de São Paulo.

As entradas de dados para os dois casos foram obtidas dos relatórios de estudo para licitação, conforme divulgado pela ANEEL. Ambos os estudos foram feitos para dezembro de 2020, com taxas de câmbio de dólar de 5,19 R\$/US\$, e de euro de 6,38 R\$/€, considerando ICMS estadual, REIDI, e incluindo a realização de ensaios após a instalação. A Tabela 15 apresenta os dados de cabos de potência utilizados para os dois estudos.

Tabela 15 – Dados de entrada – Cabos de potência.

Cabos de Potência	Estudo	LOTE 10	LOTE 8
	Condutor		
	Diâmetro Externo (mm)	54	48,9
	Blindagem Semicondutora do Condutor		
	Diâmetro Externo Semicondutor (mm)	57,2	52,1
	Isolação		
	Diâmetro Externo (mm)	103,2	101,1
	Material	XLPE	XLPE
	Blindagem Semicondutora da Isolação		
	Diâmetro Externo Semicondutor (mm)	107,8	104,9
	Blindagem Metálica de Fios		
	Diâmetro externo(mm)	111,5	107,7
	Diâmetro do Fio (mm)	2,05	1,4
	Número de Fios	85	108
	Passo/Diâmetro Médio	0,125	0,125

Material	Cu	Cu
Número de Cabos Ópticos	2	2
Capa Metálica		
Diâmetro externo(mm)	112,3	108,3
Material	Al	Al
Espessura (mm)	0,2	0,3
Cobertura		
Diâmetro externo (mm)	121,3	117,3
Material	PEAD	PEAD

Para os dois estudos, a rota foi dividida em vala e MND, com a vala tipo 1 para o estudo (i) e a vala tipo 2 para o estudo (ii), conforme Tabela 16. Considerou-se MND com 3 dutos por furo ou 1 duto por furo. Para o estudo (i), do lote 10, a rota foi dividida como mostra a Tabela 17. Para o estudo (ii), do lote 8, a linha de 8,2 km foi dividida conforme Tabela 18, e a linha de 9,2 km foi dividida conforme Tabela 19.

Tabela 16 – Dados de entrada – Tipo de vala.

Vala									
idVala	Y	H	X	C	deltaX	Tipo de solo	Tipo instalação	% alta interferência	% baixa interferência
1	2,35	1,5	2,4	0,05	0	1ª categoria	Duto	0	100
2	1,75	0,75	2,5	0,05	0	1ª categoria	Duto	100	0

Tabela 17 – Dados de entrada – Rota Lote 10.

Rota							
No.	Comprimento (m)	Vala	MND	Túnel	Tipo da Vala	Acessório Início Lance	Aterramento
1	616	100%	0	0	1	Terminal externo	Aterrado
2	617	100%	0	0	1	Emenda	Isolado
3	617	100%	0	0	1	Emenda	Isolado
4	533	100%	0	0	1	Emenda	Aterrado
5	533	100%	0	0	1	Emenda	Isolado
6	533	100%	0	0	1	Emenda	Isolado
7	470	56,50%	43,5%	0	1	Emenda	Aterrado
8	470	100%	0	0	1	Emenda	Isolado
9	470	100%	0	0	1	Emenda	Isolado
10	547	100%	0	0	1	Emenda	Aterrado
11	547	100%	0	0	1	Emenda	Isolado
12	547	80%	20%	0	1	Emenda	Isolado
Final	-	-	-	-	-	Terminal SF6	Aterrado

Tabela 18 – Dados de entrada – Rota Lote 8 - LTS1.

Rota							
No.	Comprimento (m)	Vala	MND	Túnel	Tipo da Vala	Acessório Início Lance	Aterramento
1	700	100%	0%	0%	2	Terminal externo	Aterrado
2	700	100%	0%	0%	2	Emenda	Isolado
3	700	100%	0%	0%	2	Emenda	Isolado
4	700	100%	0%	0%	2	Emenda	Aterrado
5	700	100%	0%	0%	2	Emenda	Isolado
6	700	100%	0%	0%	2	Emenda	Isolado
7	700	100%	0%	0%	2	Emenda	Aterrado
8	700	100%	0%	0%	2	Emenda	Isolado
9	700	100%	0%	0%	2	Emenda	Isolado
10	700	100%	0%	0%	2	Emenda	Aterrado
11	700	41,4%	58,6%	0%	2	Emenda	Isolado
12	500	100%	0%	0%	2	Emenda	Isolado
Final	-	-	-	-	-	Terminal SF6	Aterrado

Tabela 19 – Dados de entrada – Rota Lote 8 - LTS2.

Rota							
No.	Comprimento (m)	Vala	MND	Túnel	Tipo da Vala	Acessório Início Lance	Aterramento
1	610	100%	0%	0%	2	Terminal SF6	Aterrado
2	610	100%	0%	0%	2	Emenda	Isolado
3	610	100%	0%	0%	2	Emenda	Isolado
4	610	100%	0%	0%	2	Emenda	Aterrado
5	610	100%	0%	0%	2	Emenda	Isolado
6	610	100%	0%	0%	2	Emenda	Isolado
7	610	100%	0%	0%	2	Emenda	Aterrado
8	610	100%	0%	0%	2	Emenda	Isolado
9	610	100%	0%	0%	2	Emenda	Isolado
10	610	100%	0%	0%	2	Emenda	Aterrado
11	610	100%	0%	0%	2	Emenda	Isolado
12	610	100%	0%	0%	2	Emenda	Isolado
13	610	100%	0%	0%	2	Emenda	Aterrado
14	610	24,6%	75,4%	0%	2	Emenda	Isolado
15	660	100%	0%	0%	2	Emenda	Isolado
Final	-	-	-	-	-	Terminal SF6	Aterrado

Para os preços de cabos, acessórios e serviços foram consideradas as cotações de referência obtidas junto aos fabricantes. Para os custos dos sistemas SINAPI, SICRO

e SEINFRA, consideraram-se dados do mês de referência para a realização do estudo – dezembro de 2020.

Na seção de dados padronizados e opções avançadas não houve alteração dos valores default da ferramenta.

Os resultados obtidos são apresentados na Figura 54 e na Figura 55, utilizando preços e taxa de câmbio de dezembro de 2020.

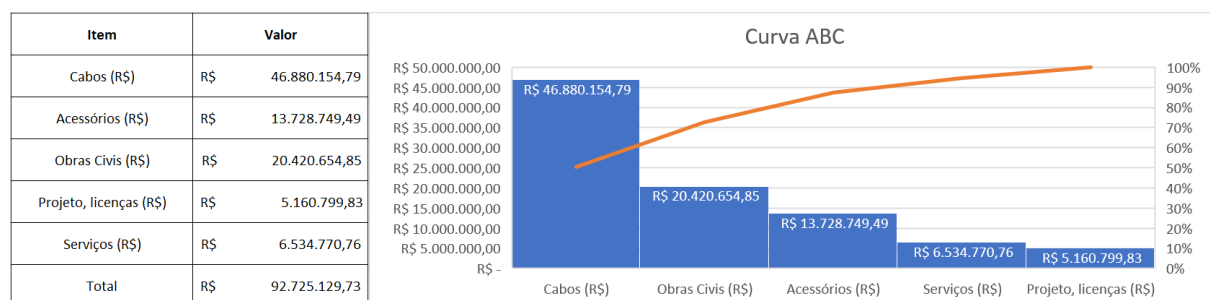


Figura 54 – Resultados obtidos para uma linha 230 kV no Estado do Ceará.

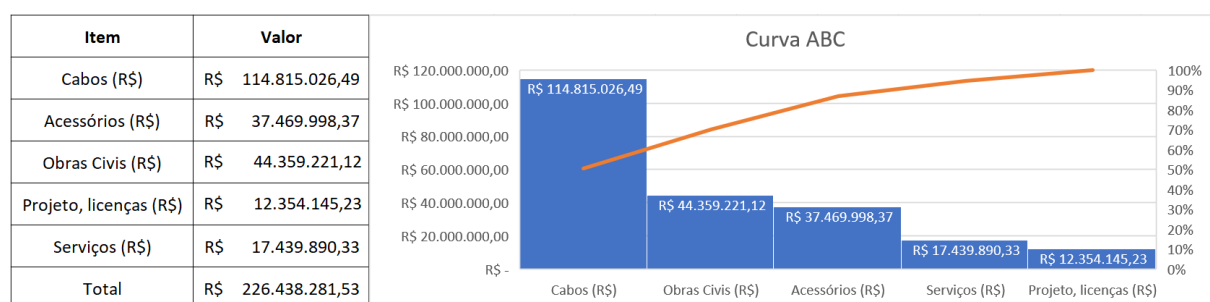


Figura 55 – Resultados obtidos para duas linhas 345 kV no Estado de São Paulo.

O primeiro método de validação consiste em comparar a ordem de grandeza dos resultados com os valores da Etapa 1. O custo total obtido de R\$ 92.725.129,73 para o estudo 1, aproximadamente R\$ 14,3 milhões por quilômetro (US\$ 2,8 milhões por km) é consistente com os valores pesquisados em referências internacionais mencionados na Etapa 1. O mesmo pode ser dito para o estudo 2, com custo total calculado de R\$ 226.438.281,53, aproximadamente R\$ 13,2 milhões por quilômetro (US\$ 2,6 milhões por km).

O segundo método de validação considerou os preços de leilões de transmissão [4] com empreendimento similar aos simulados. No estudo 1, o valor total calculado pela metodologia foi 40 % menor em relação à fase pré-leilão e 80 % maior no pós-leilão. Já para o estudo 2, o custo total calculado ficou 56 % abaixo do observado na fase pré-leilão e 35 % acima após o certame. Ressalta-se que as estimativas para os preços pós-leilão são aproximadas, pois os deságios das RAP são diretamente aplicados nas estimativas de investimento das LTS na fase pré-leilão, sem considerar outros aspectos, como a engenharia econômica dos proponentes, incluindo, no caso desta comparação, aspectos econômicos diferentes do deságio para LTS e subestações que compõem os lotes avaliados. De todo modo, como as estimativas de

custo deste trabalho se encontram em valor intermediário (menor que a receita máxima e maior que a receita vencedora da concessão), julga-se as mesmas adequadas para fins de estudos de planejamento.

Uma terceira métrica de comparação, baseada em valores reportados nos contratos de concessão, não apresentou resultados conclusivos. Em tese, nestes contratos constariam os reais preços das LTS.

A concordância nos valores totais é importante, mas não dispensa uma análise dos custos desdobrados, uma vez que a metodologia e ferramenta permitem a inclusão de custos eventuais por meio de fatores de correção.

Em relação aos materiais (principalmente cabos) é esperado que as cotações orçamentárias obtidas não representem os preços negociados de aquisição e, portanto, tendam a ser maiores que aqueles reais.

Já em relação às obras civis e serviços, recomenda-se utilizar um fator de correção maior que um (1,15 a 1,2) para contemplar as especificidades construtivas de uma LTS, bem como imprevistos, tais como paralisações decorrentes de condições climáticas desfavoráveis, limitações de horários de trabalho em vias urbanas etc.

Adicionalmente, conforme discutido, na análise econômica de alternativas com LTS na etapa de planejamento, tem-se utilizado métricas que levam em conta fatores de sobrecusto (FS) em R\$/km de LTS em relação à LTA. Destaca-se que, usualmente, para quaisquer classes de tensão e seções de cabos são considerados FS típicos de cerca de 10 vezes (valor histórico obtido a partir de interações com fabricantes e transmissoras com experiência em implantação de LTS).

Por outro lado, no caso deste trabalho, visando apenas subsidiar uma ordem de grandeza específica para os casos simulados, é importante levantar esses valores. Para a comparação, os custos das LTA foram obtidos a partir do banco de preços de referências mantido pela ANEEL [5]. Para o estudo 1, comparou-se a LTS 230 kV CD com uma LT 230 kV com estrutura autoportante típica em circuito duplo, com 2 subcondutores TERN (795 MCM) por fase, e encontrou-se um FS de 7,7. No caso do estudo 2, comparou-se a LTS 345 CD com uma LT 345 kV com estrutura autoportante típica em circuito duplo, com 2 subcondutores RAIL (954 MCM) por fase, e encontrou-se um FS de 5,7.

Por fim, nota-se que os valores de FS encontrados são menores que aquele usualmente aplicados, indicando que o uso de um valor típico, de fato, não é a melhor estratégia para o custeio de uma LTS, mesmo porque os custos de instalação de uma LTA mudam significativamente em função dos seus cabos condutores (número de subcondutores por fase, bitola e tipo) e tipo estrutura (autoportante ou estaiada). Deve-se, portanto, realizar uma avaliação que considere detalhes específicos de cada solução de LTS conforme exposto na metodologia e validado na ferramenta apresentada neste relatório.

8. Conclusões

Neste relatório foram apresentados os resultados obtidos na etapa 4 do projeto, referente ao desenvolvimento da ferramenta computacional para cálculo de custos de linhas de transmissão subterrâneas e subaquáticas.

As principais funcionalidades da ferramenta foram apresentadas no capítulo 3. O capítulo 4 tratou do processo de atualização de preços de cabos, acessórios, serviços e dutos e custos de obras civis.

O capítulo 5 apresenta um roteiro para o cadastro de um novo estudo, detalhando cada uma das telas disponíveis para inserção de dados, como são apresentados os resultados e a funcionalidade para comparação de estudos. De maneira semelhante, o capítulo 6 apresenta o roteiro para cadastro de um estudo simplificado, que permite executar múltiplos casos de maneira automática (estudo em lote).

Por fim, no capítulo 7 são os resultados obtidos nos estudos de caso utilizados para validação da metodologia empregada neste projeto de consultoria.

Os resultados obtidos na etapa foram considerados satisfatórios, tanto no que tange ao desenvolvimento da ferramenta quanto na validação da metodologia através dos estudos de caso.

Embora várias funcionalidades do *software* tenham sido testadas pela EPE, especialmente aquelas descritas neste documento, podem ser necessárias revisões desta ferramenta e do presente relatório, decorrentes de avaliações e simulações que serão continuamente realizadas.

9. Referências bibliográficas

- [1]. EPE, **Contratação de serviços técnicos especializados para produzir estimativa de custos de linhas de transmissão subterrâneas e/ou subaquáticas (LTS)** - Empresa de Pesquisa Energética – EPE, Diretoria de Gestão Corporativa, Edital Licitação EPE Nº LI.EPE.002/2020
- [2]. ANEEL, **Estabelecimento da metodologia de definição do Banco de Preços de Referência ANEEL a ser utilizado nos processos de autorização, licitação e revisão tarifária das concessionárias de transmissão de energia elétrica**, Nota Técnica nº 099/2008–SRT, ANEEL, 2008.
- [3]. Sinapsis/EPE, **Desenvolvimento da metodologia de orçamento, modulação e precificação**, relatório da Etapa II, abr./21.
- [4]. http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes_liferay/editais_transmissao/documentos_editais.cfm?IdProgramaEdital=185 acessado em 16/09/2021 às 17:00.
- [5]. <http://bprsimulador.aneel.gov.br/>, acessado em 16/09/2021 às 17:00.
- [6]. <https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/referencias-precos-insumos/Paginas/default.aspx>, acessado em 23/12/2021 às 17:00.
- [7]. <https://www.seinfra.ce.gov.br/tabela-de-custos-2/anteriores/>, acessado em 23/12/2021 às 17:00.
- [8]. https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/sistemas-de-custos/copy_of_sicro/relatorios-sicro/relatorios-sicro, acessado em 15/07/2022 às 13:30.

