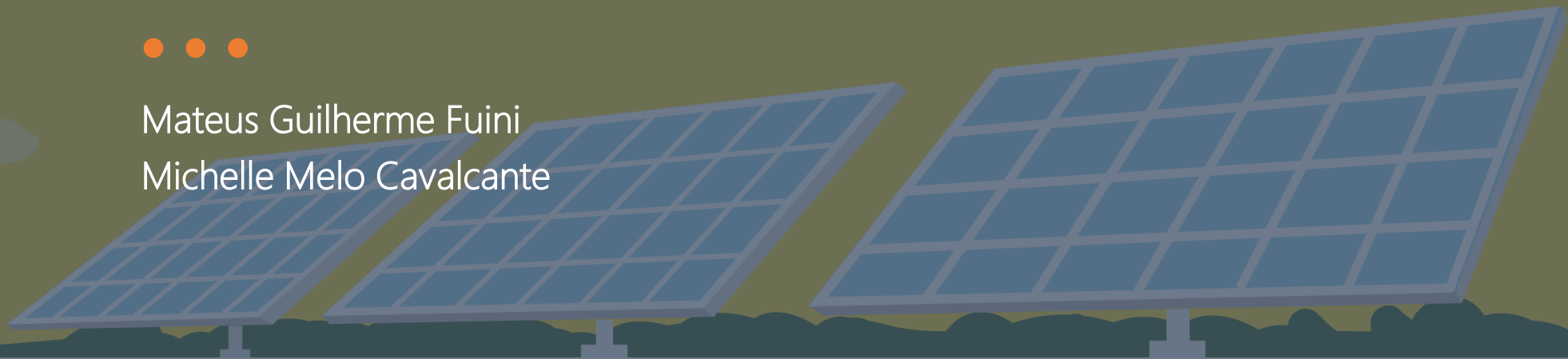


DETECÇÃO DE ANOMALIAS EM USINAS SOLARES



Mateus Guilherme Fuini
Michelle Melo Cavalcante

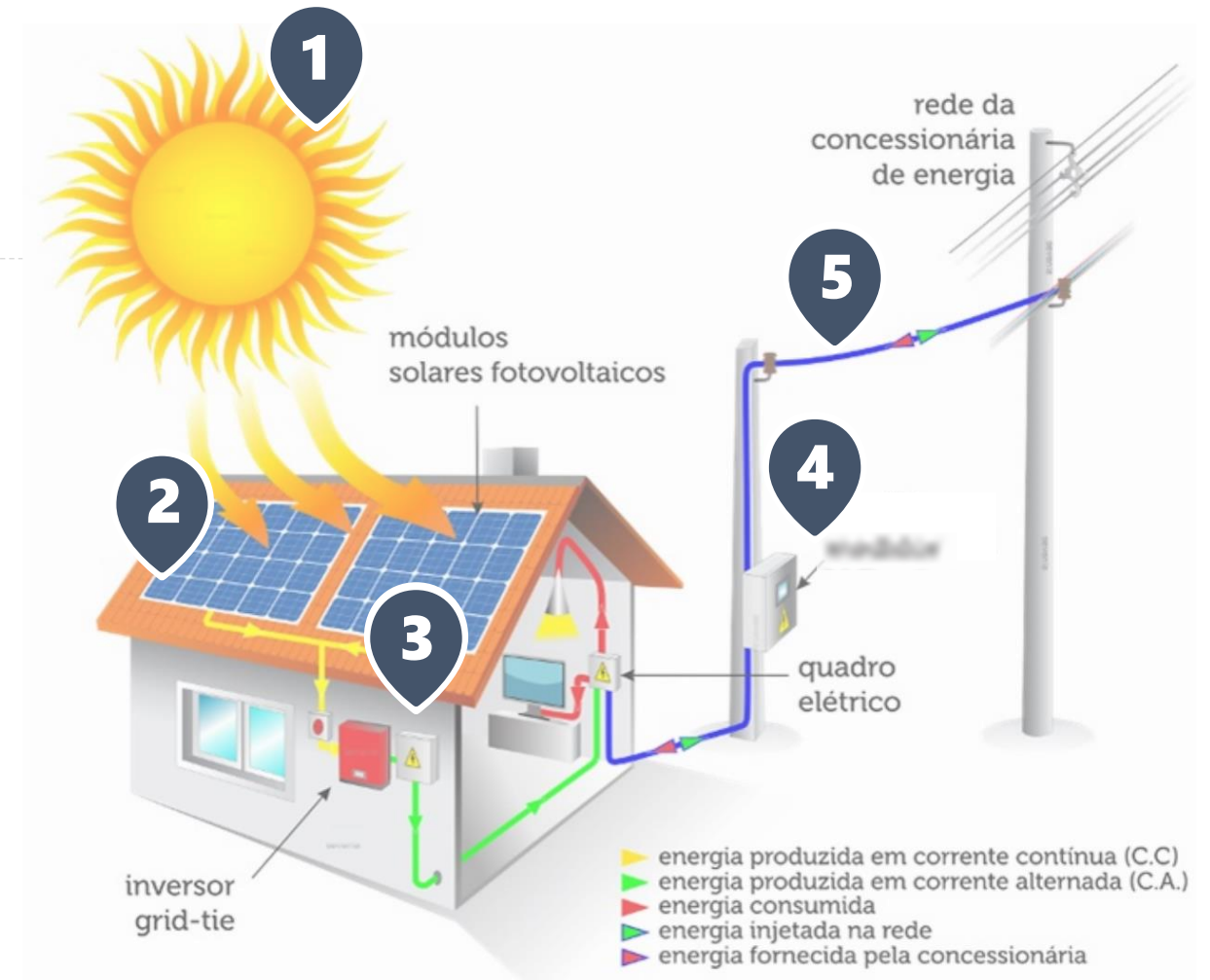


O QUE É ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

...

A energia do sol pode ser utilizada para produzir eletricidade pelo efeito fotovoltaico, que consiste na **conversão direta da luz solar em energia elétrica**.

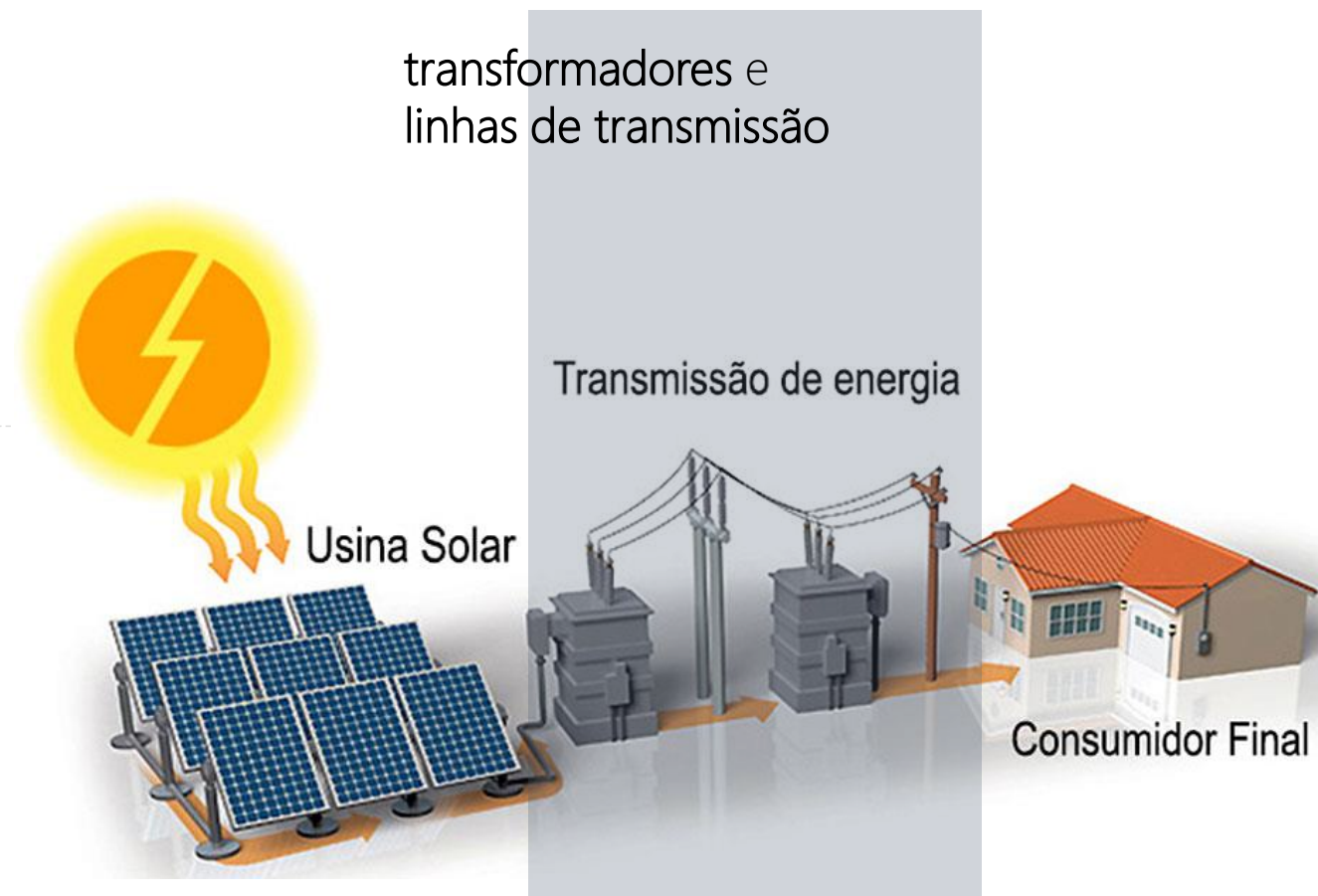
- 1** Os sistemas fotovoltaicos têm a capacidade de captar diretamente a luz solar e produzir corrente elétrica.
- 2** Os sistemas fotovoltaicos têm a capacidade de captar diretamente a luz solar e produzir corrente elétrica.
- 3** Essa corrente é coletada e processada por dispositivos controladores e conversores.
- 4** A mesma corrente pode ser armazenada em baterias ou utilizada diretamente em sistemas conectados à rede elétrica
- 5**



O QUE É UMA USINA SOLAR

...

Os sistemas fotovoltaicos podem ser usados na construção de usinas de geração de energia elétrica conectadas ao sistema elétrico através de transformadores e linhas de transmissão, da mesma forma como são constituídas as usinas hidrelétricas, termelétricas e outras.



O QUE É UMA USINA SOLAR

...

Os sistemas fotovoltaicos podem ser usados na construção de usinas de geração de energia elétrica conectadas ao sistema elétrico através de transformadores e linhas de transmissão, da mesma forma como são constituídas as usinas hidrelétricas, termelétricas e outras.

Grandes conjuntos de módulos fotovoltaicos são conectados a inversores centrais



QUAIS SÃO OS PROBLEMAS EM USINAS

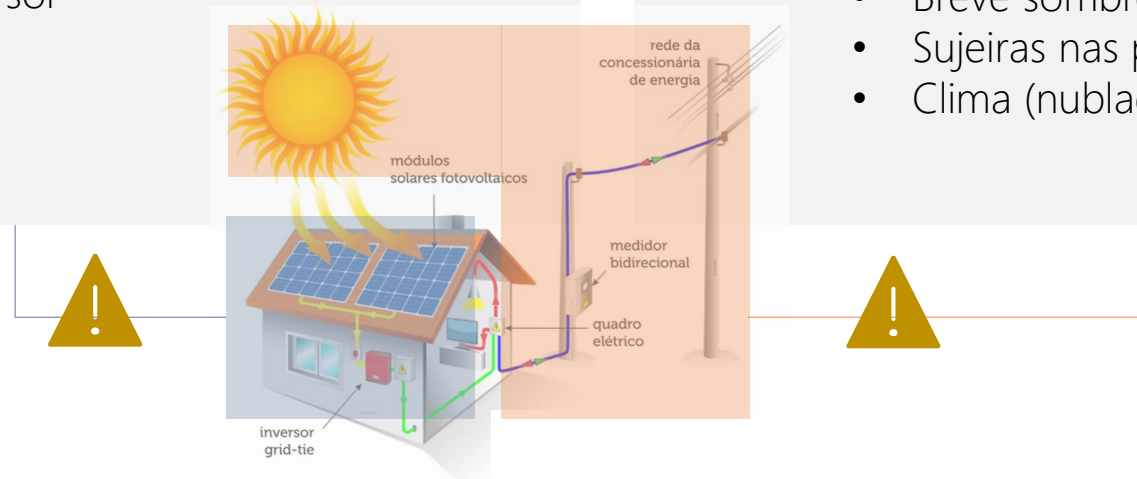
...

Internas

- Falha de algum componente
- Isolamento do sistema
- Desligamento do inversor

Externas

- Queda momentânea da rede
- Interrupção da rede
- Breve sombreamento
- Sujeiras nas placas
- Clima (nublado, chuvoso, neve, etc)



Outliers ou anomalias

são exemplos raros que não se encaixam no restante dos dados.

PRINCIPAIS MOTIVAÇÕES

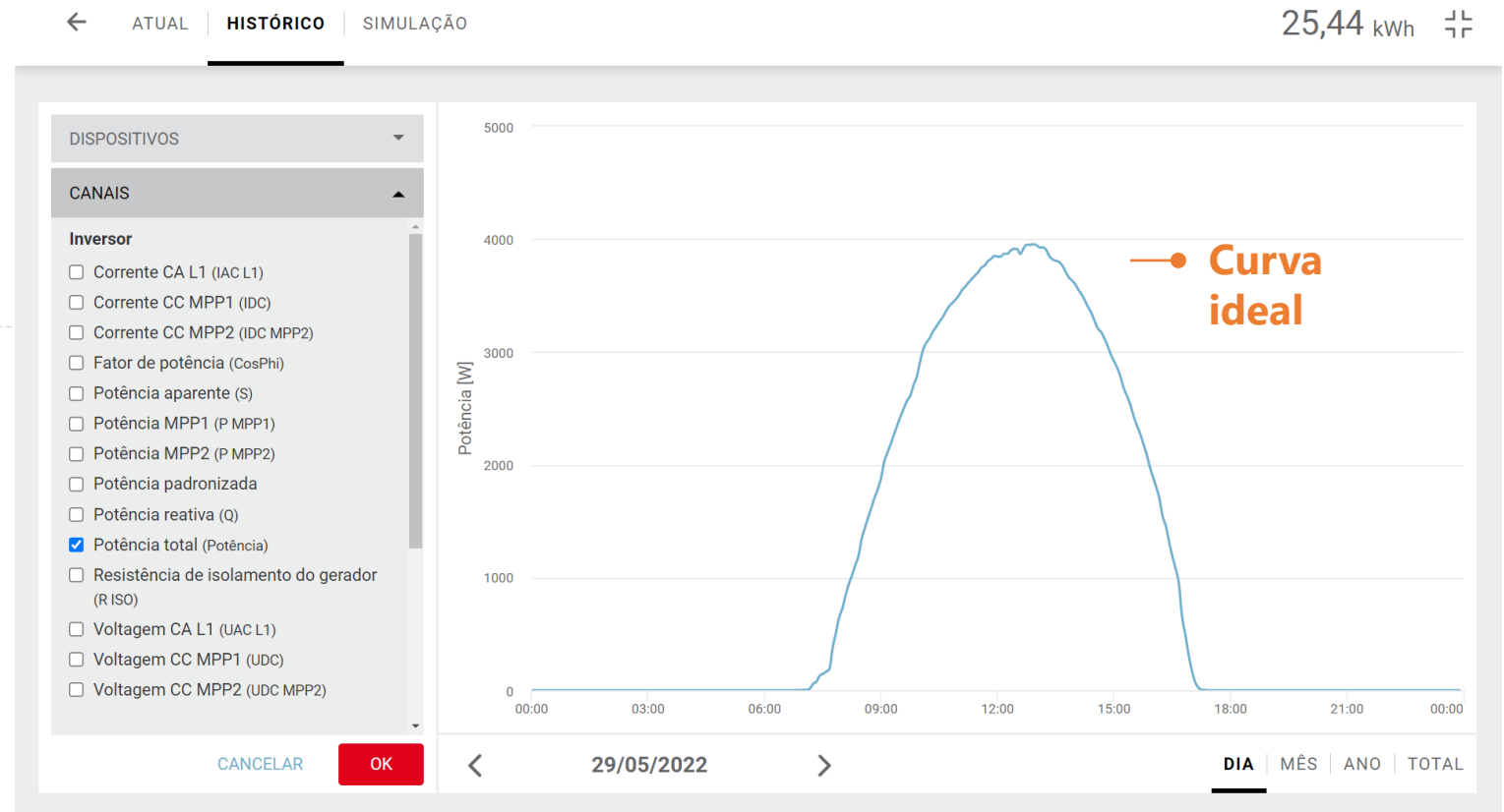


Ausência de informações preditivas e prescritivas que os proprietários e operadores de sistemas de energia fotovoltaicos tem sobre o sistema.

Ou seja, quando tudo vai bem... Ok.

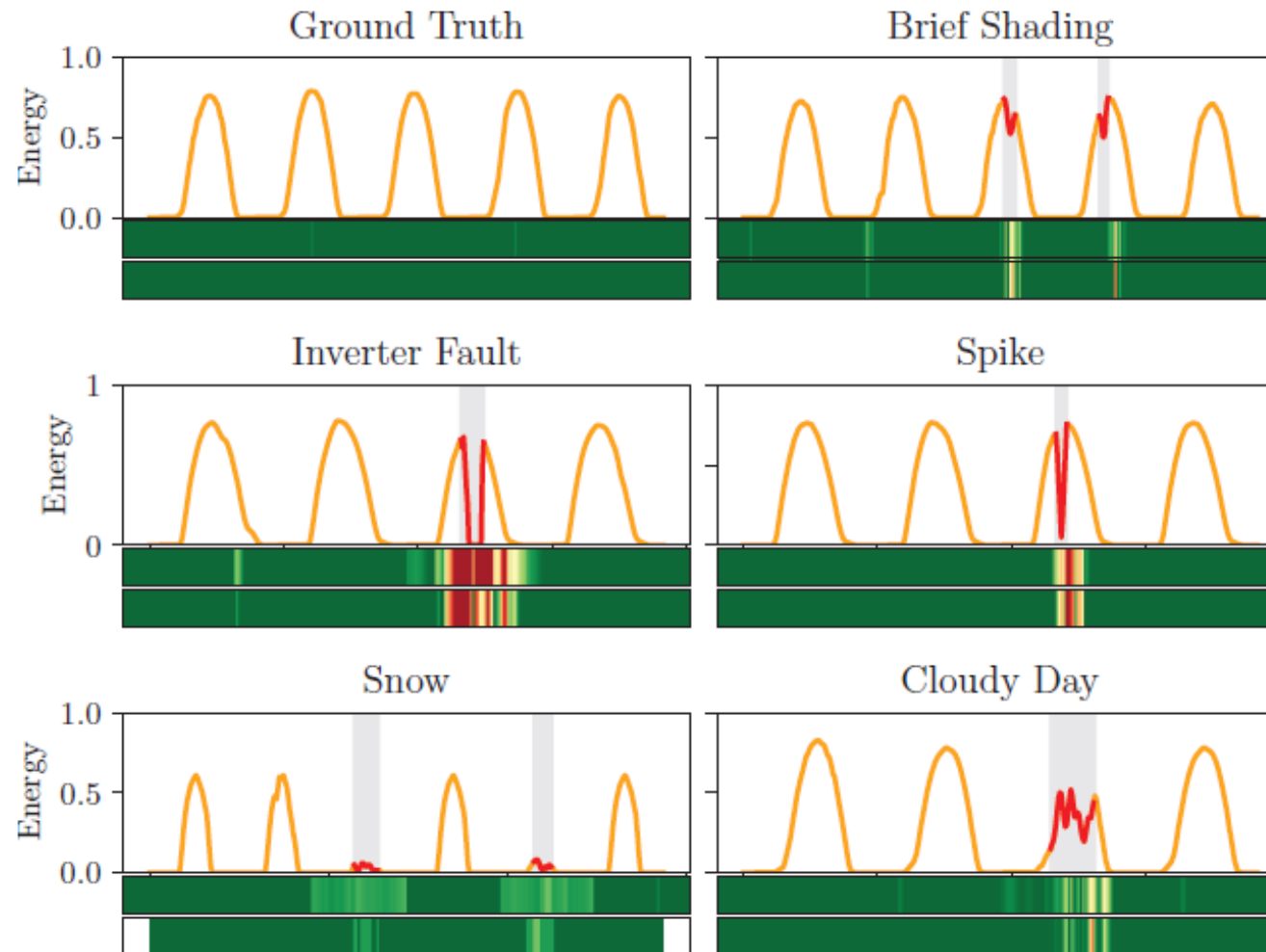
Quando existe uma queda grande ou interrupção na geração de energia, o cliente procura ajuda...

Porque não atuar de forma mais inteligente?



COMO AVALIAR ANOMALIAS

...



COLETA DE DADOS



Case

Obtidos de uma das instalações do projeto
Campus Sustentável da Unicamp (Campinas).

Engloba mais de 1 ano de registro

- Potência total de 336,8 kWp
- Geração estimada de 630.711kW/h por ano
- Suficiente para abastecer 384 residências pelo período de um ano.
- Economia de quase R\$ 2 milhões ao ano.

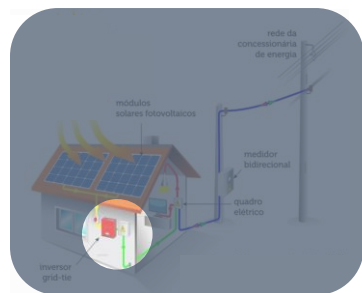


CONJUNTO DE DADOS



	SerialNumber	BoardId	DateTime	GId	Vac1	Vac2	Vac3	Iac1	Iac2	Iac3	Freq	Pac(W)	Qac	CosPhi	Vdc1	Idc1	Pdc1	PacGrid	Energy(kWh)
0	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 06:15	INVERSOR E	132.48	132.35	132.68	0.19	0.19	0.19	60.02	9.34	9.87	0.09	602.13	0.03	9.34	0	0.00
1	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 06:30	INVERSOR E	132.88	132.68	133.04	1.45	1.33	1.40	60.01	176.45	8.61	0.08	698.37	0.27	178.40	0	0.05
2	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 06:45	INVERSOR E	133.05	132.81	133.18	3.63	3.40	3.62	60.00	1039.16	0.07	-0.01	724.20	1.47	1066.03	0	0.30
3	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 07:00	INVERSOR E	132.89	132.68	133.04	6.69	6.48	6.80	59.97	2484.20	0.02	-0.09	748.27	3.41	2555.91	0	0.93
4	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 07:15	INVERSOR E	132.87	132.67	132.99	9.88	9.57	10.02	60.00	3794.79	-1.03	-0.16	759.21	5.15	3907.66	0	1.88
...
95662	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 18:00	INVERSOR C	132.18	131.39	132.14	6.08	6.02	6.10	59.98	2235.87	0.72	0.41	724.72	3.11	2255.87	0	155.32
95663	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 18:15	INVERSOR C	132.14	131.40	132.08	5.08	5.02	5.09	59.98	1794.98	0.39	0.31	719.45	2.51	1809.42	0	155.76
95664	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 18:30	INVERSOR C	132.25	131.48	132.17	2.61	2.58	2.62	59.99	531.17	0.01	-0.06	567.72	0.88	532.53	0	155.90
95665	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 18:45	INVERSOR C	132.20	131.44	132.18	1.00	0.99	0.99	60.00	53.33	5.71	-0.11	581.26	0.12	53.33	0	155.91
95666	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 19:00	INVERSOR C	131.96	131.21	131.94	0.00	0.00	0.00	60.00	0.00	8.16	0.00	593.94	0.00	0.00	0	155.91

95667 rows × 19 columns



CONJUNTO DE DADOS

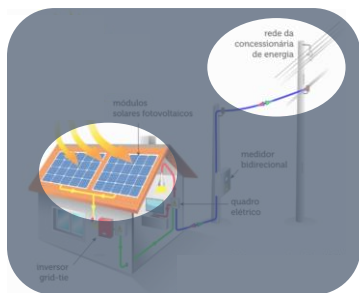


	SerialNumber	BoardId	DateTime	GId	Vac1	Vac2	Vac3	Iac1	Iac2	Iac3	Freq	Pac(W)	Qac	CosPhi	Vdc1	Idc1	Pdc1	PacGrid	Energy(kWh)
0	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 06:15	INVERSOR E	132.48	132.35	132.68	0.19	0.19	0.19	60.02	9.34	9.87	0.09	602.13	0.03	9.34	0	0.00
1	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 06:30	INVERSOR E	132.88	132.68	133.04	1.45	1.33	1.40	60.01	176.45	8.61	0.08	698.37	0.27	178.40	0	0.05
2	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 06:45	INVERSOR E	133.05	132.81	133.18	3.63	3.40	3.62	60.00	1039.16	0.07	-0.01	724.20	1.47	1066.03	0	0.30
3	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 07:00	INVERSOR E	132.89	132.68	133.04	6.69	6.48	6.80	59.97	2484.20	0.02	-0.09	748.27	3.41	2555.91	0	0.93
4	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 07:15	INVERSOR E	132.87	132.67	132.99	9.88	9.57	10.02	60.00	3794.79	-1.03	-0.16	759.21	5.15	3907.66	0	1.88
...
95662	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 18:00	INVERSOR C	132.18	131.39	132.14	6.08	6.02	6.10	59.98	2235.87	0.72	0.41	724.72	3.11	2255.87	0	155.32
95663	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 18:15	INVERSOR C	132.14	131.40	132.08	5.08	5.02	5.09	59.98	1794.98	0.39	0.31	719.45	2.51	1809.42	0	155.76
95664	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 18:30	INVERSOR C	132.25	131.48	132.17	2.61	2.58	2.62	59.99	531.17	0.01	-0.06	567.72	0.88	532.53	0	155.90
95665	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 18:45	INVERSOR C	132.20	131.44	132.18	1.00	0.99	0.99	60.00	53.33	5.71	-0.11	581.26	0.12	53.33	0	155.91
95666	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 19:00	INVERSOR C	131.96	131.21	131.94	0.00	0.00	0.00	60.00	0.00	8.16	0.00	593.94	0.00	0.00	0	155.91

95667 rows x 19 columns

Série temporal

Identificação dos inversores



CONJUNTO DE DADOS

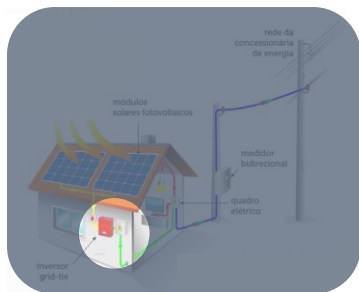


	SerialNumber	BoardId	DateTime	GId	Vac1	Vac2	Vac3	Iac1	Iac2	Iac3	Freq	Pac(W)	Qac	CosPhi	Vdc1	Idc1	Pdc1	PacGrid	Energy(kWh)
0	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 06:15	INVERSOR E	132.48	132.35	132.68	0.19	0.19	0.19	60.02	9.34	9.87	0.09	602.13	0.03	9.34	0	0.00
1	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 06:30	INVERSOR E	132.88	132.68	133.04	1.45	1.33	1.40	60.01	176.45	8.61	0.08	698.37	0.27	178.40	0	0.05
2	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 06:45	INVERSOR E	133.05	132.81	133.18	3.63	3.40	3.62	60.00	1039.16	0.07	-0.01	724.20	1.47	1066.03	0	0.30
3	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 07:00	INVERSOR E	132.89	132.68	133.04	6.69	6.48	6.80	59.97	2484.20	0.02	-0.09	748.27	3.41	2555.91	0	0.93
4	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 07:15	INVERSOR E	132.87	132.67	132.99	9.88	9.57	10.02	60.00	3794.79	-1.03	-0.16	759.21	5.15	3907.66	0	1.88
...
95662	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 18:00	INVERSOR C	132.18	131.39	132.14	6.08	6.02	6.10	59.98	2235.87	0.72	0.41	724.72	3.11	2255.87	0	155.32
95663	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 18:15	INVERSOR C	132.14	131.40	132.08	5.08	5.02	5.09	59.98	1794.98	0.39	0.31	719.45	2.51	1809.42	0	155.76
95664	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 18:30	INVERSOR C	132.25	131.48	132.17	2.61	2.58	2.62	59.99	531.17	0.01	-0.06	567.72	0.88	532.53	0	155.90
95665	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 18:45	INVERSOR C	132.20	131.44	132.18	1.00	0.99	0.99	60.00	53.33	5.71	-0.11	581.26	0.12	53.33	0	155.91
95666	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 19:00	INVERSOR C	131.96	131.21	131.94	0.00	0.00	0.00	60.00	0.00	8.16	0.00	593.94	0.00	0.00	0	155.91

95667 rows x 19 columns

Frequência
da rede

Entrada dos
inversores



CONJUNTO DE DADOS



	SerialNumber	BoardId	DateTime	GId	Vac1	Vac2	Vac3	Iac1	Iac2	Iac3	Freq	Pac(W)	Qac	CosPhi	Vdc1	Idc1	Pdc1	PacGrid	Energy(kWh)
0	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 06:15	INVERSOR E	132.48	132.35	132.68	0.19	0.19	0.19	60.02	9.34	9.87	0.09	602.13	0.03	9.34	0	0.00
1	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 06:30	INVERSOR E	132.88	132.68	133.04	1.45	1.33	1.40	60.01	176.45	8.61	0.08	698.37	0.27	178.40	0	0.05
2	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 06:45	INVERSOR E	133.05	132.81	133.18	3.63	3.40	3.62	60.00	1039.16	0.07	-0.01	724.20	1.47	1066.03	0	0.30
3	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 07:00	INVERSOR E	132.89	132.68	133.04	6.69	6.48	6.80	59.97	2484.20	0.02	-0.09	748.27	3.41	2555.91	0	0.93
4	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 07:15	INVERSOR E	132.87	132.67	132.99	9.88	9.57	10.02	60.00	3794.79	-1.03	-0.16	759.21	5.15	3907.66	0	1.88
...
95662	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 18:00	INVERSOR C	132.18	131.39	132.14	6.08	6.02	6.10	59.98	2235.87	0.72	0.41	724.72	3.11	2255.87	0	155.32
95663	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 18:15	INVERSOR C	132.14	131.40	132.08	5.08	5.02	5.09	59.98	1794.98	0.39	0.31	719.45	2.51	1809.42	0	155.76
95664	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 18:30	INVERSOR C	132.25	131.48	132.17	2.61	2.58	2.62	59.99	531.17	0.01	-0.06	567.72	0.88	532.53	0	155.90
95665	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 18:45	INVERSOR C	132.20	131.44	132.18	1.00	0.99	0.99	60.00	53.33	5.71	-0.11	581.26	0.12	53.33	0	155.91
95666	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 19:00	INVERSOR C	131.96	131.21	131.94	0.00	0.00	0.00	60.00	0.00	8.16	0.00	593.94	0.00	0.00	0	155.91
95667 rows × 19 columns																			

95667 rows × 19 columns

Saída dos inversores

Energia elétrica gerada

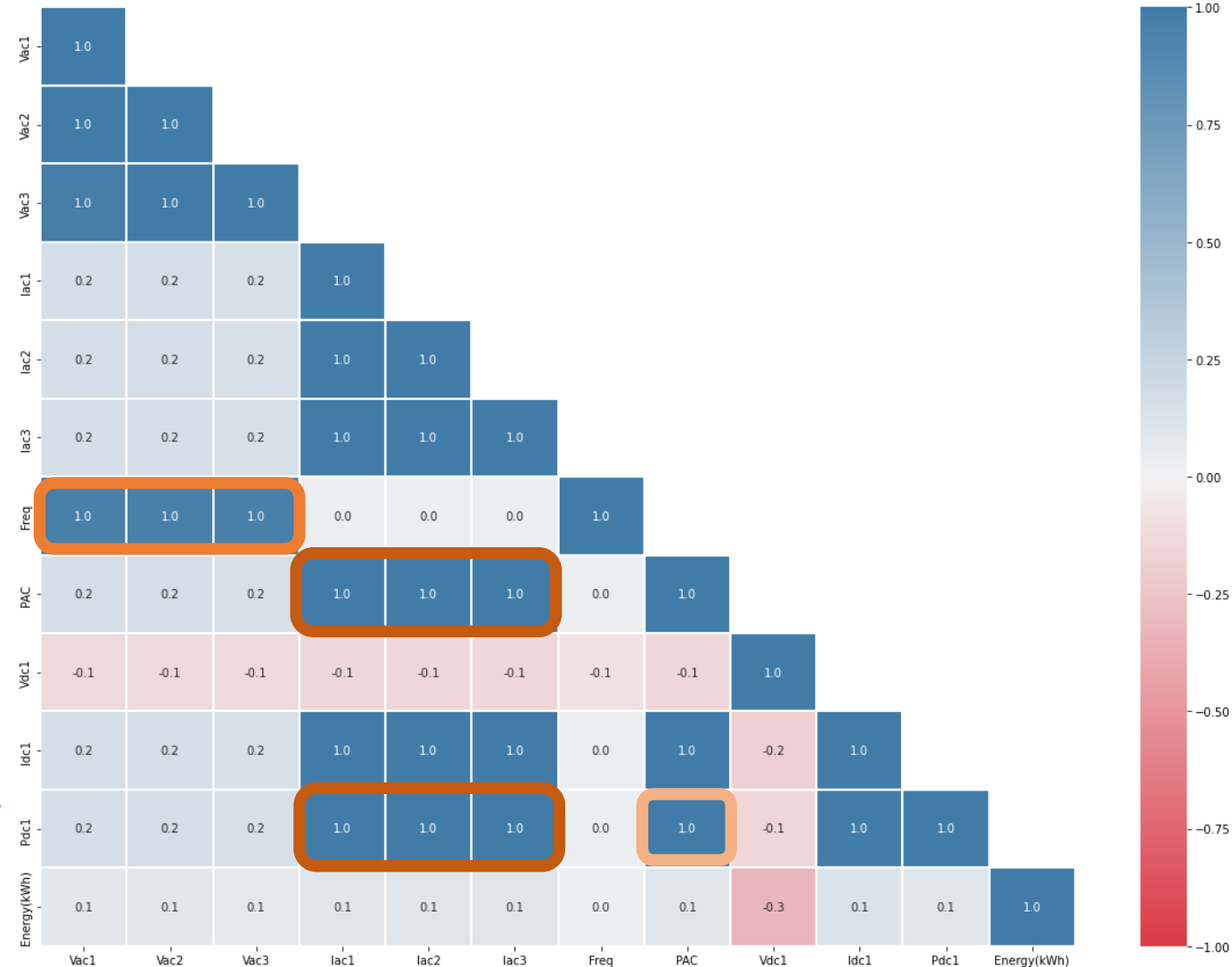
EXPLORAÇÃO DOS DADOS



Frequência e Tensão

Potência e Corrente

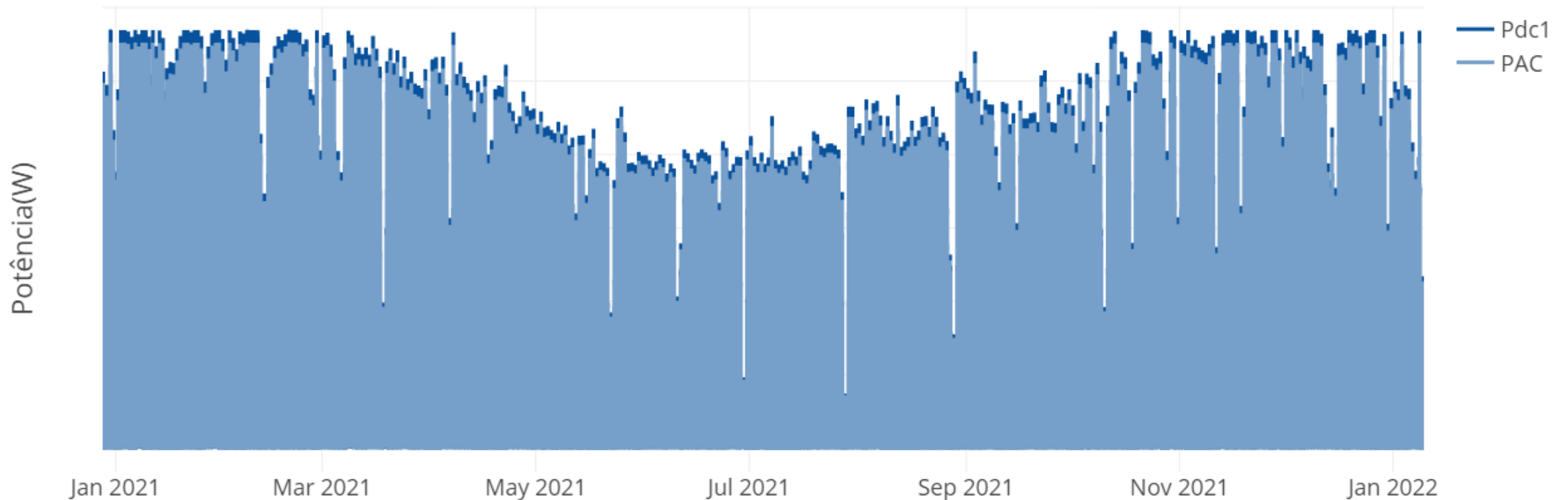
Pot. AC e Pot. DC



EXPLORAÇÃO DOS DADOS



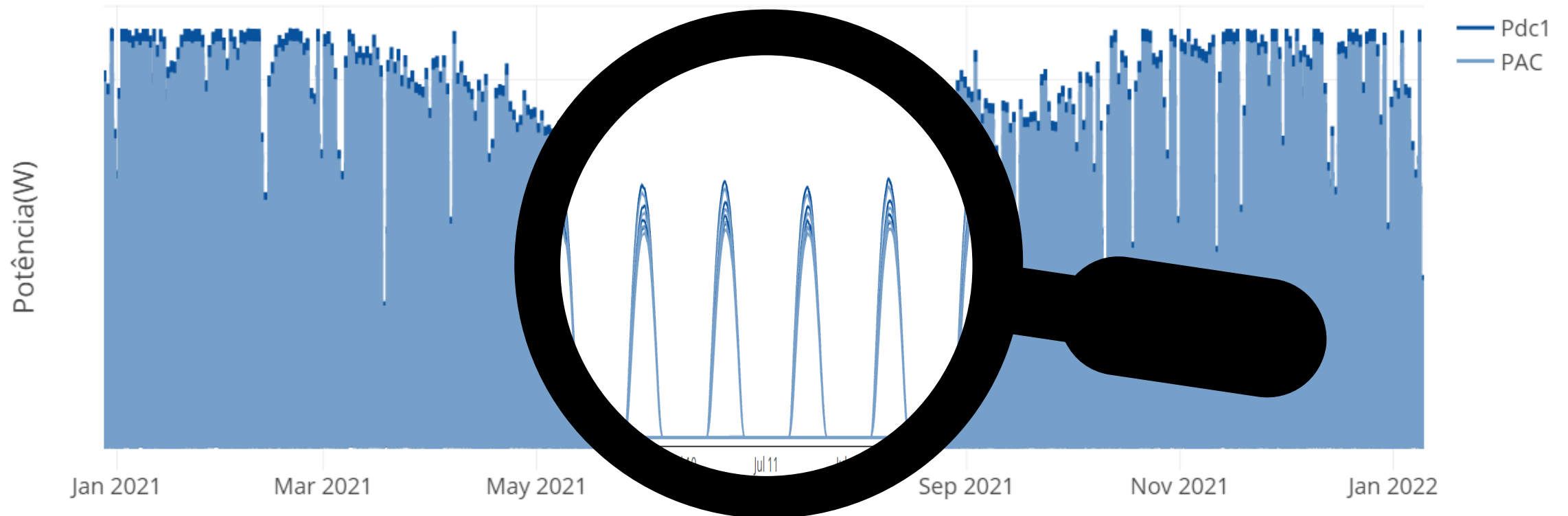
Comparação das Potências de entrada e saída do inversor



EXPLORAÇÃO DOS DADOS



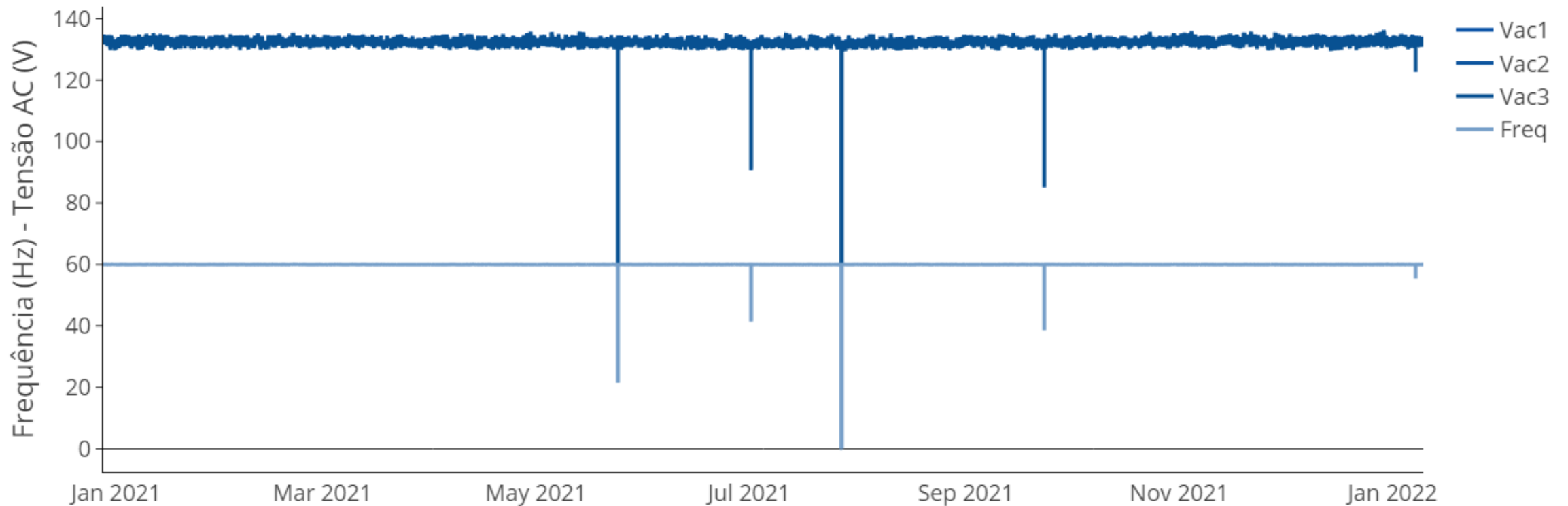
Comparação das Potências de entrada e saída do inversor



EXPLORAÇÃO DOS DADOS



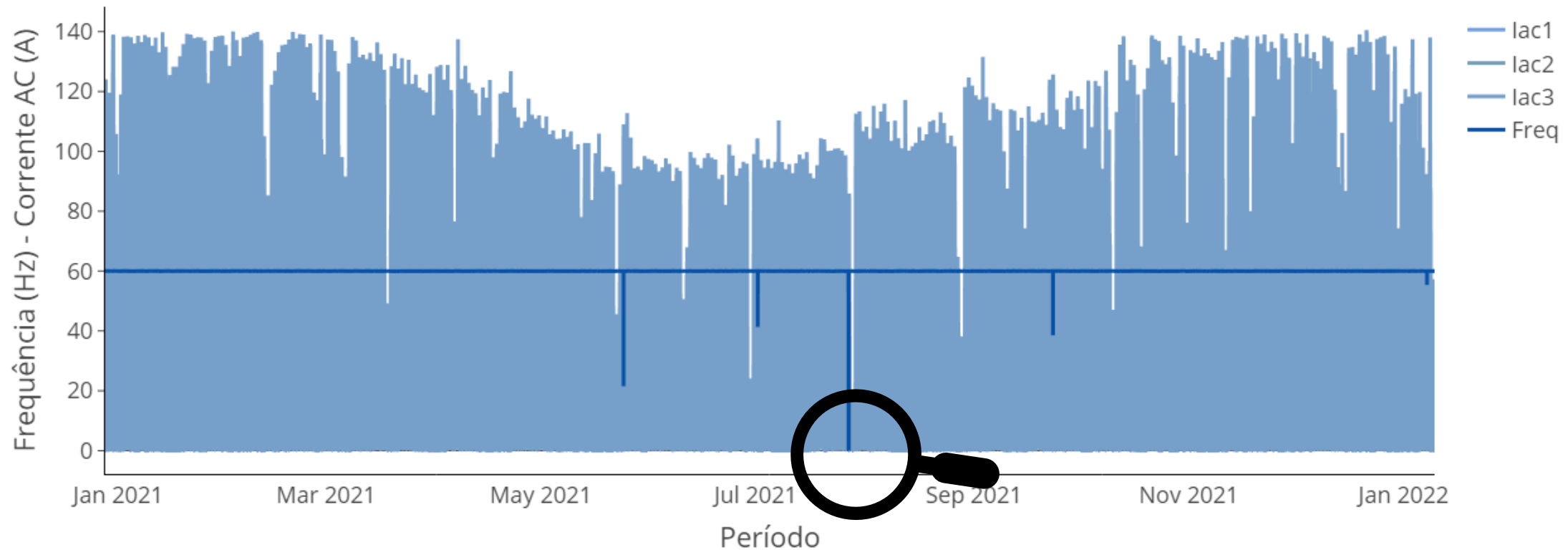
Comportamento das Tensões AC com a Frequência da rede



EXPLORAÇÃO DOS DADOS



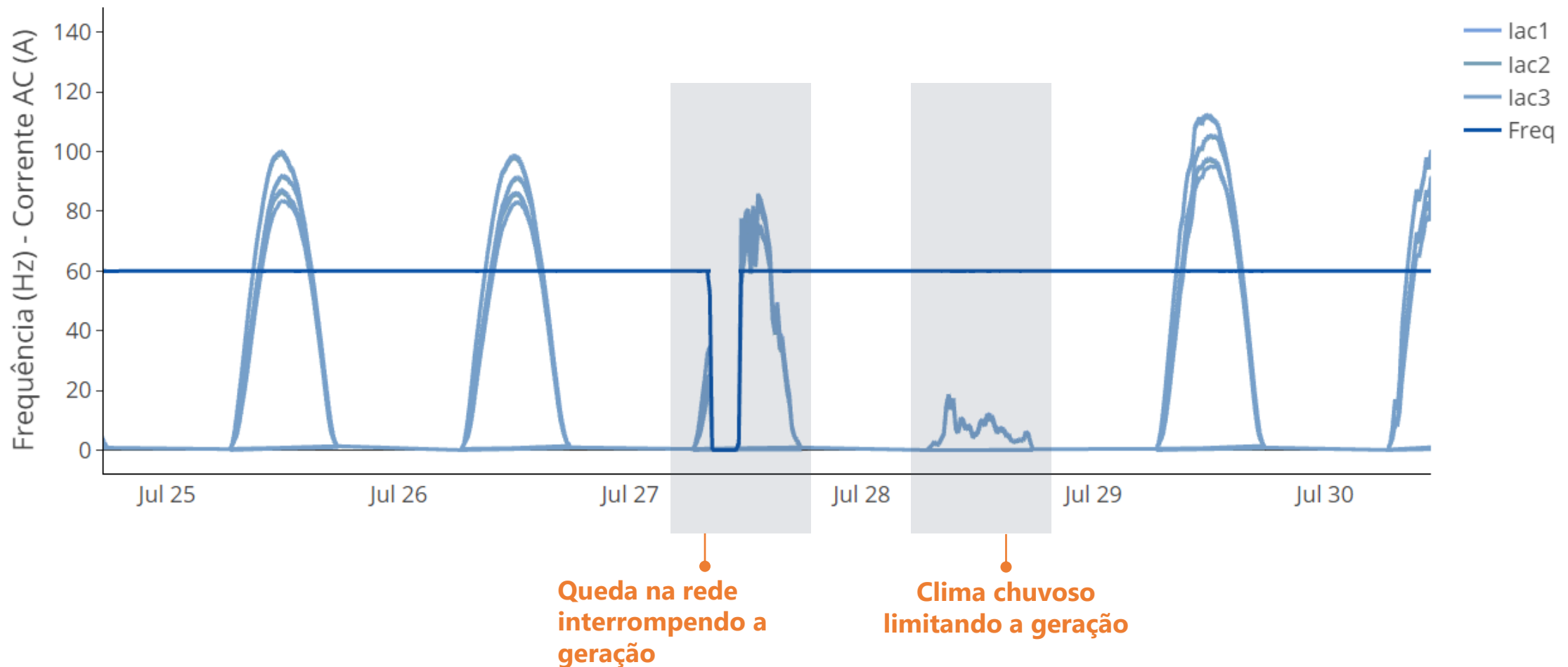
Comportamento das Correntes AC com a Frequência da rede



EXPLORAÇÃO DOS DADOS

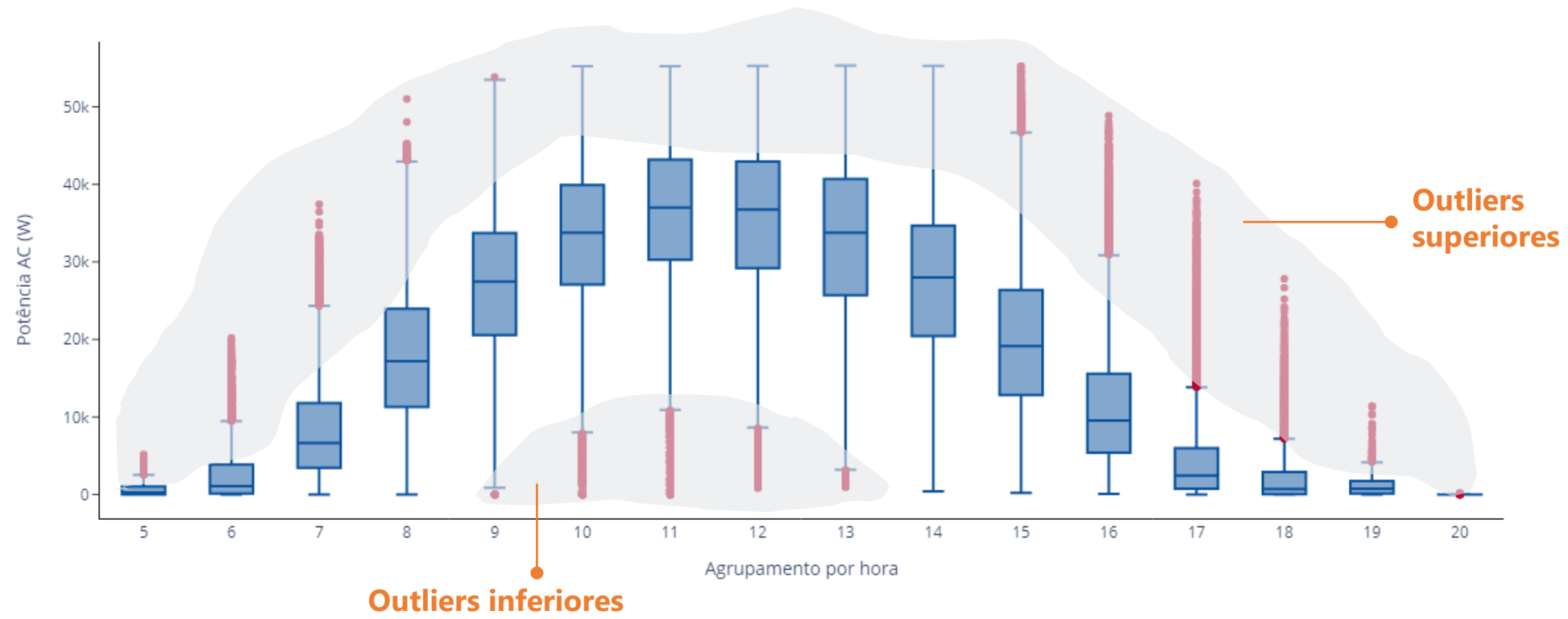


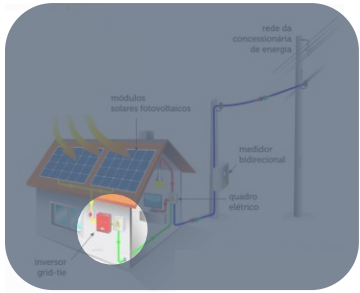
Comportamento das Correntes AC com a Frequência da rede



EXPLORAÇÃO DOS DADOS

...





LIMPEZA DOS DADOS



	SerialNumber	BoardId	DateTime	GIId	Vac1	Vac2	Vac3	Iac1	Iac2	Iac3	Freq	Pac(W)	Qac	CosPhi	Vdc1	Idc1	Pdc1	PacGrid	Energy(kWh)
0	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 06:15	INVERSOR E	132.48	132.35	132.68	0.19	0.19	0.19	60.02	9.34	9.87	0.09	602.13	0.03	9.34	0	0.00
1	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 06:30	INVERSOR E	132.88	132.68	133.04	1.45	1.33	1.40	60.01	176.45	8.61	0.08	698.37	0.27	178.40	0	0.05
2	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 06:45	INVERSOR E	133.05	132.81	133.18	3.63	3.40	3.62	60.00	1039.16	0.07	-0.01	724.20	1.47	1066.03	0	0.30
3	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 07:00	INVERSOR E	132.89	132.68	133.04	6.69	6.48	6.80	59.97	2484.20	0.02	-0.09	748.27	3.41	2555.91	0	0.93
4	3.800000e+11	1DM182813A58	28/12/2020 07:15	INVERSOR E	132.87	132.67	133.04	9.88	9.57	10.02	60.00	3794.79	-1.03	-0.16	759.21	5.15	3794.79	0	1.88
...
95662	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 18:00	INVERSOR C	132.18	131.39	132.14	6.08	6.02	6.10	59.98	2235.87	0.72	0.41	724.72	3.11	2255.87	0	155.32
95663	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 18:15	INVERSOR C	132.14	131.40	132.08	5.08	5.02	5.09	59.98	1794.98	0.39	0.31	719.45	2.51	1809.42	0	155.76
95664	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 18:30	INVERSOR C	132.25	131.48	132.17	2.61	2.58	2.62	59.99	531.17	0.01	-0.06	567.72	0.88	532.53	0	155.90
95665	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 18:45	INVERSOR C	132.20	131.44	132.18	1.00	0.99	0.99	60.00	53.33	5.71	-0.11	581.26	0.12	53.33	0	155.91
95666	3.801180e+11	1DM182814A41	09/01/2022 19:00	INVERSOR C	131.96	131.21	131.94	0.00	0.00	0.00	60.00	0.00	8.16	0.00	593.94	0.00	0.00	0	155.91

95667 rows x 19 columns

Tempo

`df['DateTime'] = df['DateTime'].astype('datetime64')`

Potência de saída dos inversores

DETECÇÃO DE ANOMALIAS

ABORDAGENS



Modelagem com **Outliers**

Considerou-se outlier toda e qualquer potência de saída do inversor **fora da amplitude interquartílica** (boxplot).

Modelagem com **Isolation Forest**

Algoritmo de aprendizagem não supervisionado fornecido pelo **scikit-learn** que detecta anomalias que **usa o isolamento** ao invés de modelar os pontos normais.

Modelagem com **One-Class SVM**

Algoritmo de aprendizado não supervisionado que tenta modelar exemplos “normais” (densidade da classe majoritária) para classificar novos exemplos como normais ou anormais.

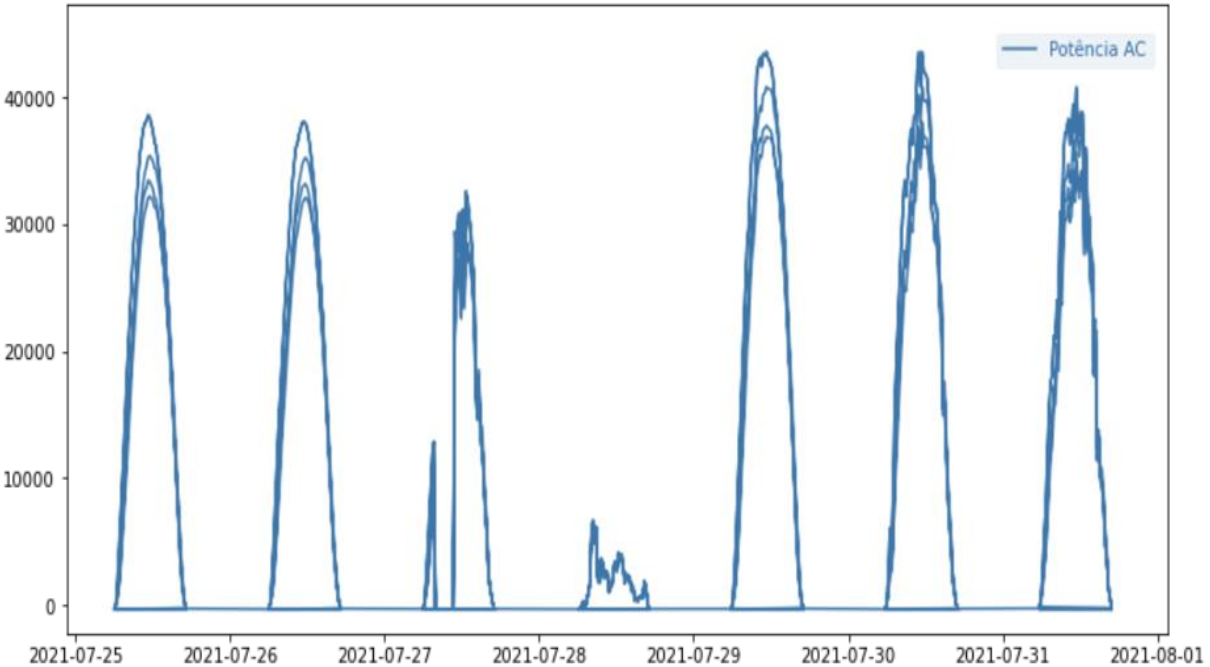
DETECÇÃO DE ANOMALIAS



Para validação dos resultados utilizou-se um gabarito entre as datas 20/07/2021 e 01/08/2021 por conter anomalias como:

- Falta (tensão vai a zero por problema na rede identificado pela frequência nula)
- Clima: dia chuvoso
- Oscilações causadas por nuvens ou sombreamento

DateTime	Vac1	Vac2	Vac3	Iac1	Iac2	Iac3	Freq	Pac(W)	Iac	CosPhi	Vdc1	Idc1	Pdc1	Energy(kWh)	Anomalia
26/07/2021 17:30	133.07	132.63	133.03	2.13	1.94	2.16	59.99	425.43	1.89	0.05	704.33	0.63	434.89	255.9	0
26/07/2021 17:45	132.71	132.28	132.71	0.91	0.86	0.95	59.98	46.88	5.68	0	650.77	0.07	46.88	255.9	0
27/07/2021 06:30	131.19	130.96	131.42	0.36	0.36	0.37	59.99	22.18	9.68	0.17	609.5	0.06	22.18	0	0
27/07/2021 06:45	131.53	131.3	131.71	1.69	1.6	1.65	60	308.59	9.47	0.01	773.06	0.42	315	0.0	0
27/07/2021 07:00	131.13	130.87	131.29	4.25	4.11	4.3	59.99	1397.08	-0.02	0.02	777.77	1.84	1435.15	0.4	0
27/07/2021 07:15	130.87	130.62	130.99	7.78	7.63	7.92	59.99	2923.13	-0.1	-0.06	798.31	3.77	3008.4	1.1	0
27/07/2021 07:30	130.94	130.67	131.01	12.37	12.1	12.47	60.03	4743.15	-0.07	-0.03	804.97	6.07	4884.94	2.3	0
27/07/2021 07:45	130.62	130.37	130.69	17.12	16.75	17.22	60	6596.01	0.02	0.05	806.78	8.42	6795.07	3.9	0
27/07/2021 08:00	130.85	130.6	130.97	22.67	22.3	22.83	59.99	8811.54	1.13	0.17	805.33	11.27	9078.98	6	0
27/07/2021 08:15	115.64	115.39	115.73	25.27	24.95	25.44	52.89	9871.46	1.38	0.13	817.1	12.65	10172.33	8.6	0
27/07/2021 08:30	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	911.23	0	0	8.6	1
27/07/2021 08:45	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	904.17	0	0	8.6	1
27/07/2021 09:00	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	898.83	0	0	8.6	1
27/07/2021 09:15	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	899.59	0	0	8.6	1
27/07/2021 09:30	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	907.48	0	0	8.6	1
27/07/2021 09:45	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	910.51	0	0	8.6	1
27/07/2021 10:00	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	906.99	0	0	8.6	1
27/07/2021 10:15	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	905.95	0	0	8.6	1
27/07/2021 10:30	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	900.89	0	0	8.6	1
27/07/2021 10:45	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	891.89	0	0	8.6	1
27/07/2021 11:00	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	898.12	0	0	8.6	1
27/07/2021 11:15	5.81	5.8	5.81	0	0	0	2.62	0	1.8	0	894.49	0	0	8.6	1
27/07/2021 11:30	131.9	131.76	131.94	58.03	57.86	58.42	59.99	23018.53	9.11	0.17	779.17	31.37	23726.3	14.4	0
27/07/2021 11:45	132.25	132.12	132.26	64.49	64.26	64.91	59.99	25597.97	0.05	0.03	760.41	34.7	26384.43	20.8	0
27/07/2021 12:00	132.47	132.37	132.45	70.95	70.73	71.43	60.03	28233.85	6.14	0.19	747.72	38.86	29102.25	27.8	0



413 dados (17%) classificados como anomalias
2407 dados (83%) classificados como normais

413	0
0	2407

Matriz confusão

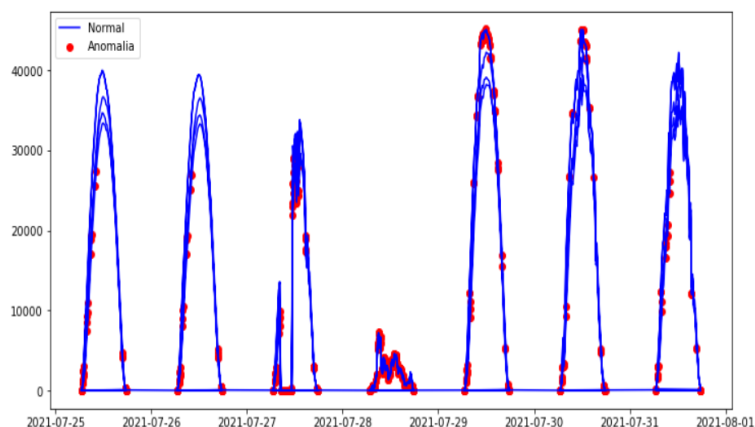
DETECÇÃO DE ANOMALIAS

413	0
0	2407

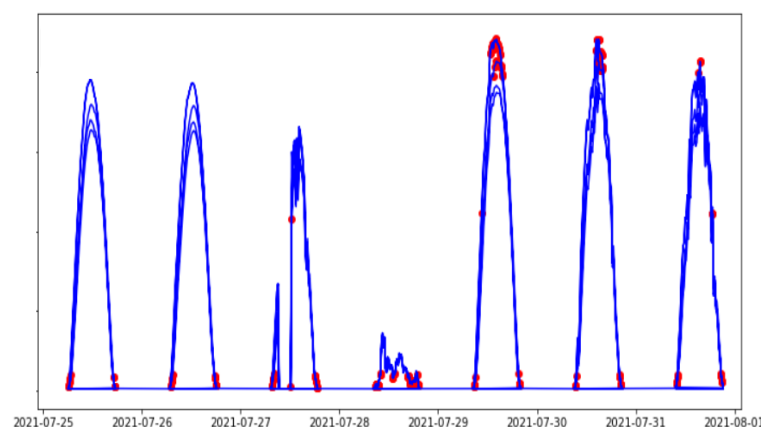
Matriz confusão



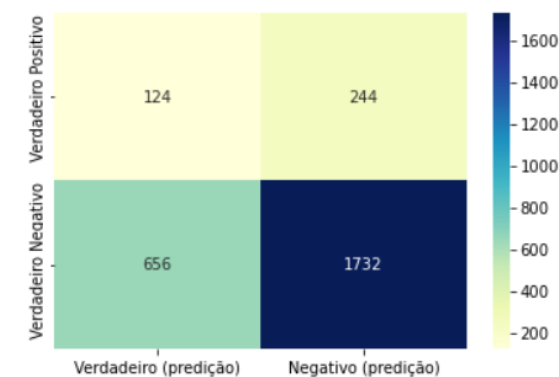
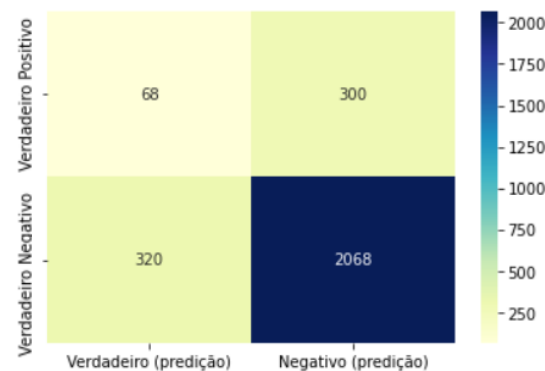
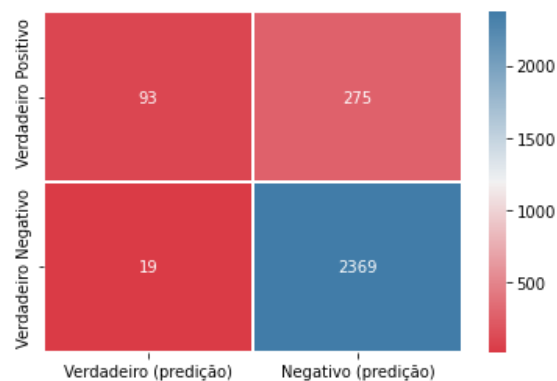
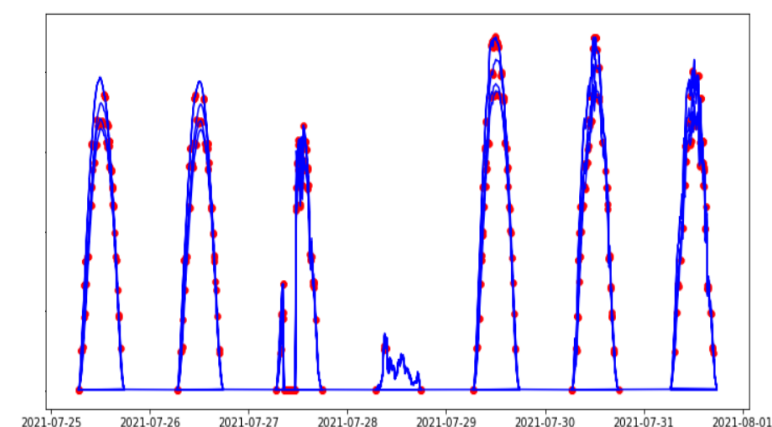
Amplitude interquartil (1,5*IQR)



Isolation Forest



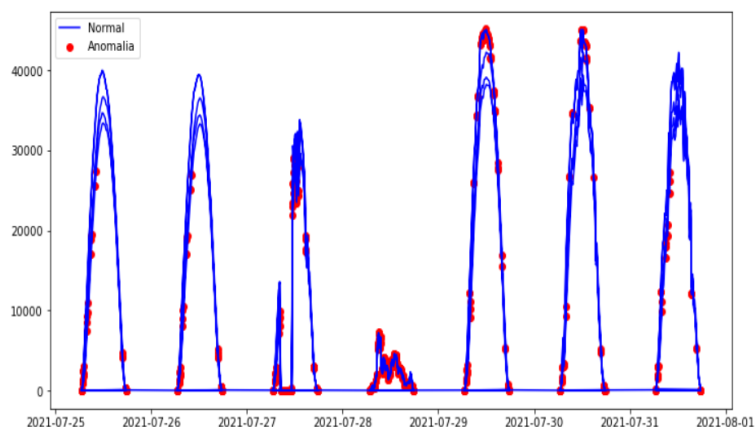
One-class SVM



DETECÇÃO DE ANOMALIAS

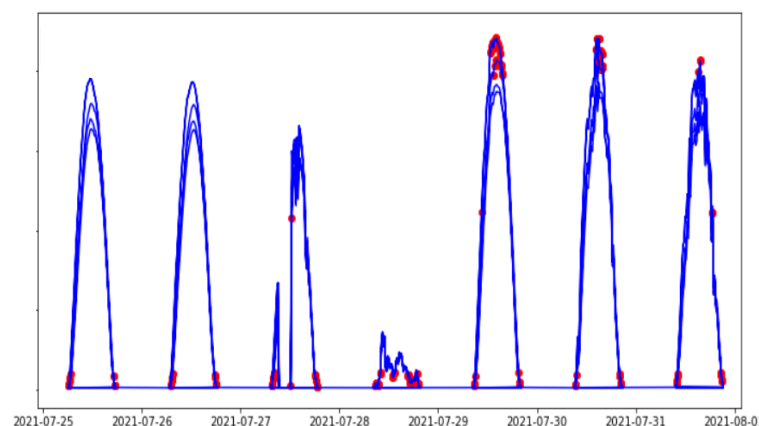


Amplitude interquartil ($1,5 \cdot \text{IQR}$)



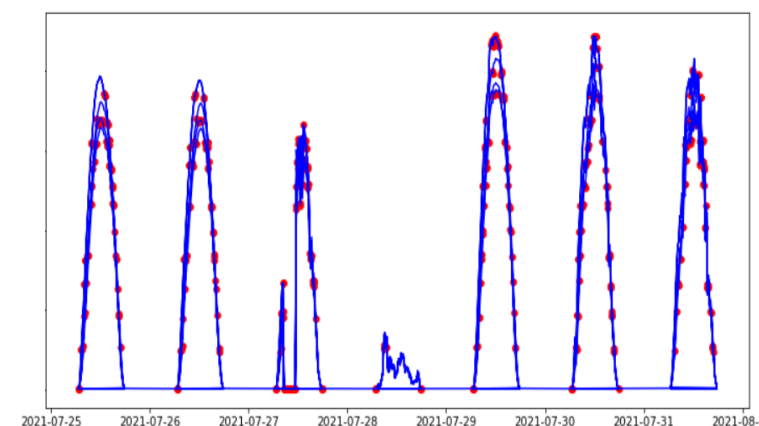
	Precisão	Recall	F1-score
Anomalia	0,83	0,25	0,39
Normal	0,90	0,99	0,94
Acurácia	-	-	0,89
Acurácia balanceada			0,62

Isolation Forest



	Precisão	Recall	F1-score
Anomalia	0,18	0,18	0,18
Normal	0,87	0,87	0,87
Acurácia	-	-	0,78
Acurácia balanceada			0,52

One-class SVM



	Precisão	Recall	F1-score
Anomalia	0,16	0,34	0,22
Normal	0,88	0,73	0,79
Acurácia	-	-	0,67
Acurácia balanceada			0,53

CONCLUSÕES



Os modelos para detectar as anomalias utilizando o limites fora do Intervalo Interquartil e Isolation Forest demonstraram eficiência na classificação da normalidade (verdadeiro negativo).



One-Class SVM

Este modelo foi mais eficiente para detectar anomalias (verdadeiro positivo), porém foi a que menos acertou a normalidade

26% ↓

Inferior na classificação da normalidade em relação ao 1º colocado (Amplitude interquartil).

33% ↑

Superior no encontro de anomalias, em relação ao 2º colocado (Amplitude interquartil).

A metodologia aplicada permitiu detectar e localizar as anomalias. Não tinha a intenção, neste momento, de identificar a origem.



A proposta mostrou-se promissora em situações em que não há parâmetros ambientais, ou seja, monitorar plantas de instalações fotovoltaicas não equipadas com estação meteorológica, de forma barata, sem adicionar novos equipamentos.

TRABALHOS FUTUROS

...



MESCLAGEM E MELHORIA
DE PARÂMETROS DOS MODELOS



CLASSIFICAÇÃO DAS
ANOMALIAS



PROCESSAMENTO DOS DADOS EM
TEMPO REAL



DASHBOARD INTERATIVO COM INFORMAÇÕES
PREDITIVAS E PRESCRITIVAS

REFERÊNCIAS



Villalva, Marcelo Gradella Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. 2ª ed. São Paulo: Érica, 2015.

Branco, P., Gonçalves, F., Costa, A. C. (2020). Tailored algorithms for anomaly detection in photovoltaic systems. *Energies*, 13(1), 225.

Firth, S.K.; Lomas, K.J.; Rees, S.J. A simple model of PV system performance and its use in fault detection. *Sol. Energy* 2010, 84, 624–635.

Benninger, M., Hofmann, M., Liebschner, M. (2019, September). Online Monitoring System for Photovoltaic Systems Using Anomaly Detection with Machine Learning. In NEIS 2019.

https://scikit-learn.org/stable/modules/outlier_detection.html

Pereira, J.; Silveira, M. Unsupervised anomaly detection in energy time series data using variational recurrent autoencoders with attention. *IEEE ICMLA*, Orlando, FL; pp. 1275-1282

DETECÇÃO DE ANOMALIAS EM USINAS SOLARES



Mateus Guilherme Fuini
Michelle Melo Cavalcante

