

Séries Temporais

Um Guia Prático para Análise Exploratória de Dados

Versão 1.0

Alexandre Soares



Séries Temporais

Um Guia Prático para Análise Exploratória de
Dados

por

Alexandre Soares

Notas Sobre o Estudo

Todos os programas fonte e dados utilizados para a elaboração deste estudo, bem como o PDF deste material, estão disponíveis para download no repositório GitHub, no endereço: <https://github.com/Alxsoa/Artigos>.

Conteúdo

1	Objetivo Deste Estudo	1
2	Importância da Análise Exploratória dos Dados	2
3	Contexto	3
3.1	Descrevendo o Objetivo	3
4	Sobre os Dados	4
4.1	Dados Utilizados	4
5	Visão Geral dos Dados	5
5.1	Volume de Dados e Primeiros Insights	5
5.2	Variações Anuais Observadas para Todos os Anos	6
5.3	Tendências de Consumo para Todos os Anos	7
5.4	Anomalias Observadas para Todos os Anos	7
6	Detalhamento dos Dados	8
6.1	Interpretando o Consumo do Ano de 2007	8
6.1.1	Cenário dos Dados do Ano de 2007	8
6.1.2	Comportamento do Ano de 2007	9
6.1.3	Picos e Consumo do Ano de 2007	9
6.1.4	Tendências e Conclusões do Ano de 2007	10
6.2	Interpretando o Consumo do Ano de 2008	10
6.2.1	Cenário dos Dados do Ano de 2008	10
6.2.2	Comportamento do Ano de 2008	11
6.2.3	Picos e Consumo do Ano de 2008	11
6.2.4	Tendências e Eventos do Ano de 2008	11
6.2.5	Comaparação com o Ano de 2007	11
6.3	Comportamento do Ano de 2009	12
6.3.1	Picos e Consumo do Ano de 2009	12
6.3.2	Tendências e Eventos do Ano de 2009	12
6.3.3	Comparação com os anos Anteriores	13
6.4	Comportamento do Ano de 2010	14
6.4.1	Picos e Consumo do Ano de 2010	14
6.4.2	Tendências e Eventos do Ano de 2010	15
6.4.3	Comparação com os anos Anteriores	15
7	Auto Correlação	16
7.1	Autocorrelação dos Dados	16
7.1.1	Autocorrelação Presente nos Anos de Consumo	17
7.1.2	Conclusão Parcial	19
8	Entendendo o Consumo de Energia	20
8.1	Boxplot do Entendimento	20
8.1.1	Entendimento do Consumo Anual	20
8.1.2	Avaliação do Consumo do Ano 2007	21
8.1.3	Avaliação do Consumo do Ano 2008	22
8.1.4	Avaliação do Consumo do Ano 2009	23
8.1.5	Avaliação do Consumo do Ano 2010	24

8.1.6	Conclusão do Consumo Anual	24
8.2	Entendimento do Consumo Semanal	25
8.2.1	Avaliação do Consumo Semanal 2007	25
8.2.2	Avaliação do Consumo Semanal 2008	26
8.2.3	Avaliação do Consumo Semanal 2009	27
8.2.4	Avaliação do Consumo Semanal 2010	28
8.2.5	Conclusão do Consumo Senamal	28
8.3	Entendimento do Consumo Horário	29
8.3.1	Avaliação do Consumo Horário 2007	29
8.3.2	Avaliação do Consumo Horário 2008	30
8.3.3	Avaliação do Consumo Horário 2009	31
8.3.4	Avaliação do Consumo Horário 2010	32
8.3.5	Conclusão do Consumo Horário	33
9	Utilizando o Mapa de Calor	34
9.1	A Importância do Mapa de Calor	34
9.2	Conclusão do Mapa de Calor	35
10	Entendimento das Tendências	36
10.1	Entendimento das Tendências das Series Temporais	36
10.2	Entendimento das Tendências do Ano de 2007	37
10.3	Entendimento das Tendências do Ano de 2008	37
10.4	Entendimento das Tendências do Ano de 2009	38
10.5	Entendimento das Tendências do Ano de 2010	38
11	Entendo a Sobreposição de Demanda	39
11.1	Comportamento do Consumo Mensal	39
11.2	Comportamento do Consumo Semanal	40
11.3	Comportamento do Consumo Diário	41
11.4	Conclusões Gerais	41
12	Entendo se a Série é Estacionária ou Não Estacionária	42
12.1	Importância de Identificar a Estacionaridade da Série	42
12.2	Principais Métodos	43
12.3	Avaliação do Ano de 2007	44
12.4	Avaliação do Ano de 2008	45
12.5	Avaliação do Ano de 2009	46
12.6	Avaliação do Ano de 2010	47
12.7	Conclusões Sobre Estacionalidade	48

Lista de Figuras

5.1	Apresentação dos Dados	5
5.2	Dados em Mapa de Calor	6
6.1	Apresentação de Perdas em 2007	8
6.2	Apresentação da Contínuas em 2007	9
6.3	Apresentação da Contínuas em 2008	10
6.4	Apresentação de Perdas em 2009	12
6.5	Apresentação da Contínuas em 2009	12
6.6	Apresentação de Perdas em 2010	14
6.7	Apresentação da Contínuas em 2010	14
7.1	Autocorrelação do Ano de 2007	17
7.2	Autocorrelação do Ano de 2008	17
7.3	Autocorrelação do Ano de 2009	18
7.4	Autocorrelação do Ano de 2010	18
8.1	Consumo de Energia Anual do Ano de 2007	21
8.2	Consumo de Energia Anual do Ano de 2008	22
8.3	Consumo de Energia Anual do Ano de 2009	23
8.4	Consumo de Energia Anual do Ano de 2010	24
8.5	Consumo de Energia Semanal do Ano de 2007	25
8.6	Consumo de Energia Semanal do Ano de 2008	26
8.7	Consumo de Energia Semanal do Ano de 2009	27
8.8	Consumo de Energia Semanal do Ano de 2010	28
8.9	Consumo de Energia Horária do Ano de 2007	29
8.10	Consumo de Energia Horária do Ano de 2008	30
8.11	Consumo de Energia Horária do Ano de 2009	31
8.12	Consumo de Energia Horária do Ano de 2010	32
9.1	Dados em Mapa de Calor Integrado	35
10.1	Tendencias do Ano de 2007	37
10.2	Tendencias do Ano de 2008	37
10.3	Tendencias do Ano de 2009	38
10.4	Tendencias do Ano de 2010	38
11.1	Consumo de Energia Mensal de Todos os Anos	39
11.2	Consumo de Energia Semanal de Todos os Anos	40
11.3	Consumo de Energia Diário de Todos os Anos	41

Lista de Tabelas

4.1	Detalhamento dos Campos da Base de Dados	4
12.1	Comportamento Estacionário do Ano de 2007	44
12.2	Comportamento Estacionário do Ano de 2008	45
12.3	Comportamento Estacionário do Ano de 2009	46
12.4	Comportamento Estacionário do Ano de 2010	47

1

Objetivo Deste Estudo

Este estudo tem como objetivo principal demonstrar, por meio de um exemplo hipotético, as metodologias e um roteiro claro para que um cientista de dados possa adotar para extrair insights valiosos de uma série temporal.

O processo começa com a coleta e preparação dos dados, garantindo que a série temporal esteja limpa e livre de inconsistências. Isso envolve a identificação e tratamento de valores ausentes, outliers e possíveis inconsistências nos dados.

Em seguida, é essencial realizar uma análise exploratória dos dados (EDA), onde visualizações preliminares, como gráficos de linha, boxplots e heatmaps, são utilizadas para identificar padrões sazonais, tendências e anomalias.

A aplicação de testes estatísticos, como o teste de Dickey-Fuller aumentado (ADF), é crucial para determinar a estacionaridade da série temporal. Caso a série não seja estacionária, técnicas de transformação, como diferenciação ou log-transformação, são aplicadas para estabilizar a variância e remover tendências.

A autocorrelação e a parcial autocorrelação são analisadas para identificar dependências temporais e orientar a escolha de modelos adequados, como ARIMA, SARIMA ou modelos baseados em aprendizado de máquina.

A combinação dessas metodologias permite ao cientista de dados não apenas entender a dinâmica histórica da série temporal, mas também fazer previsões precisas e informadas sobre comportamentos futuros.

2

Importância da Análise Exploratória dos Dados

Os cientistas de dados, utilizam a exploração de dados em séries temporais para obter insights valiosos dos conjuntos de dados. Com o aumento exponencial da quantidade de dados disponíveis, a capacidade de analisar e interpretar os dados, tornou-se essencial para tomar decisões informadas em uma variedade de setores.

A escolha adequada de modelos e técnicas de análise representa uma dificuldade significativa na exploração de dados em séries temporais. Um entendimento profundo do problema e do contexto em que os dados são inseridos é crucial para selecionar o modelo mais adequado.

Frequentemente, os padrões encontrados nos dados são complexos e difíceis de explicar. Por isso, é fundamental que os cientistas de dados possuam uma compreensão especializada da área de estudo e sejam capazes de comunicar os resultados da análise de maneira clara e precisa.

Outro aspecto importante é a escalabilidade e a eficiência computacional, que exigem o uso de técnicas e algoritmos eficientes para processar e analisar grandes volumes de dados.

Para extrair valor e obter benefícios significativos desses conjuntos de dados complexos e dinâmicos, é essencial buscar soluções inovadoras e eficazes para a análise de séries temporais.

3

Contexto

3.1. Descrevendo o Objetivo

Uma empresa de energia deseja entender o comportamento do consumo de seus clientes para considerar a expansão de sua planta. Esses dados são geralmente organizados em séries temporais, representando a evolução de uma variável ao longo do tempo.

A análise dessas séries temporais permite identificar padrões, tendências e anomalias nos dados, fornecendo insights valiosos para a tomada de decisão. A área de negócio reconhece que a variável mais importante e considerada chave para o desenvolvimento desta atividade é o entendimento da potência média fornecida às residências de seus clientes.

Com isso em mente, o cientista de dados inicia uma exploração de dados em séries temporais com o objetivo de extrair insights valiosos a partir de conjuntos de dados que abrangem 48 meses de fornecimento de energia.

4

Sobre os Dados

4.1. Dados Utilizados

O conjunto de dados utilizado é baseado em medições de consumo de energia elétrica em uma residência com uma taxa de amostragem de minuto a minuto durante um período de quase 4 anos. Diferentes quantidades elétricas e alguns valores de submedição estão disponíveis neste conjunto de dados, sua estrutura de dados é apresentado na Tabela-4.1.

Os dados estão disponíveis na página Web da *paperswithcode*¹ onde o download pode ser realizado livremente para fins acadêmicos.

Descrição dos Campos	
Variável	Descrição
date	Data no formato dd/mm/aaaa
time	hora no formato hh:mm:ss
global_active_power	Potência ativa média global por minuto (em quilowatts)
global_reactive_power	Potência reativa média global por minuto (em quilowatts)
voltage	tensão média por minuto (em volt)
global_intensity	intensidade de corrente média global por minuto (em ampere)
sub_metering_1	Corresponde à cozinha, contendo majoritariamente uma máquina de lavar louça, um forno e um micro-ondas.
sub_metering_2	Corresponde à lavanderia, contendo uma máquina de lavar roupa, uma máquina de secar roupa, um frigorífico e uma luz.
sub_metering_3	Corresponde a um aquecedor eléctrico e um ar condicionado.

Tabela 4.1: Detalhamento dos Campos da Base de Dados

¹<https://paperswithcode.com/dataset/electricity>

5

Visão Geral dos Dados

5.1. Volume de Dados e Primeiros Insights

Este arquivo contém 2.053.263 registros de medições coletadas em uma casa localizada em Sceaux, cidade localizada a sete quilômetros de Paris, entre janeiro de 2007 e novembro de 2010, totalizando 47 meses.

O gráfico apresentado na Figura-5.1 mostra o comportamento do consumo médio de energia (em kW) ao longo dos anos, desde janeiro de 2007 até novembro de 2010.

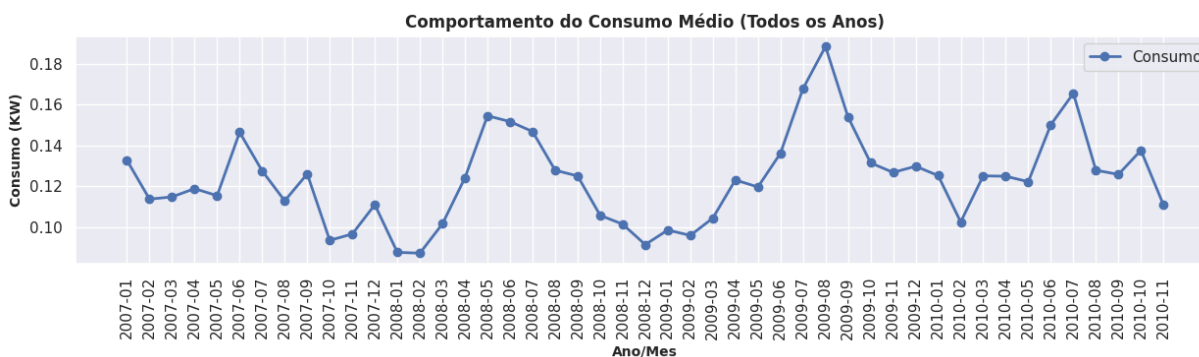


Figura 5.1: Apresentação dos Dados

Com o objetivo de promover insights rápidos, a série temporal é apresentada em modo panorâmico conforme a Figura-5.2.

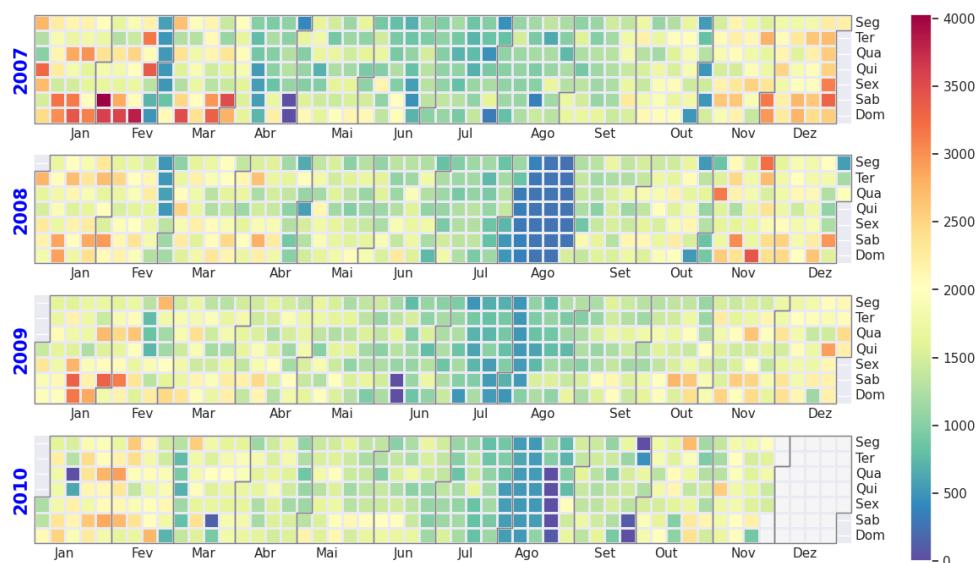


Figura 5.2: Dados em Mapa de Calor

5.2. Variações Anuais Observadas para Todos os Anos

Observa-se um padrão sazonal claro, com picos de consumo ocorrendo geralmente durante o segundo semestre de cada ano. Isso pode ser devido a variações sazonais, como maior uso de energia durante os meses mais quentes para refrigeração ou durante os meses mais frios para aquecimento.

Ao analisar as variações anuais do consumo médio de energia, observamos que em 2007 há um pico significativo em julho, seguido por uma queda e uma nova elevação em dezembro. Em 2008, o consumo mantém-se mais constante durante o primeiro semestre, apresentando um aumento gradual a partir de agosto e atingindo um pico em dezembro. Esses padrões sugerem uma possível influência de fatores sazonais, como condições climáticas e eventos específicos que aumentam a demanda de energia nos meses de verão e inverno.

No ano de 2009, há um aumento acentuado do consumo a partir de agosto, com um pico notável em outubro e uma queda subsequente em novembro. Em 2010, o consumo permanece relativamente estável até maio, seguido por um aumento significativo em junho, com picos observados em agosto e outubro. Essa consistência nos picos durante os meses de verão pode indicar um padrão de maior uso de energia para refrigeração, enquanto os picos no final do ano podem estar relacionados ao aumento da demanda devido ao uso de aquecimento e atividades festivas.

5.3. Tendências de Consumo para Todos os Anos

O consumo médio de energia tende a ser mais baixo durante o primeiro semestre do ano, com exceção de alguns meses específicos que podem apresentar variações devido a fatores atípicos ou eventos sazonais isolados. Essa tendência de menor consumo nos primeiros meses do ano pode estar associada a condições climáticas mais amenas ou a um padrão de menor atividade econômica ou residencial que resulta em menor demanda por energia.

Por outro lado, o segundo semestre mostra consistentemente picos mais altos de consumo, indicando uma tendência de aumento de demanda de energia nessa época do ano. Este aumento pode ser atribuído a condições climáticas mais extremas, como calor intenso no verão, que leva a um maior uso de sistemas de refrigeração, ou ao início do inverno, que exige maior uso de aquecimento. Além disso, eventos festivos e atividades sociais intensificadas no final do ano também contribuem para esses picos de consumo, refletindo uma necessidade sazonal mais pronunciada de energia.

5.4. Anomalias Observadas para Todos os Anos

Os picos mais elevados de consumo de energia são observados em outubro de 2009, sugerindo a ocorrência de um evento específico ou condições climáticas extremas que aumentaram significativamente a demanda por energia nesse período. Este comportamento atípico pode estar relacionado a uma onda de calor intensa ou a um aumento temporário na atividade econômica ou residencial, resultando em maior uso de sistemas de refrigeração ou outros dispositivos de alto consumo energético.

Em contraste, a menor média de consumo é registrada em janeiro de 2010, o que pode indicar uma demanda reduzida de energia nesse período. Esse fenômeno pode ser atribuído a condições climáticas mais amenas ou a uma diminuição na atividade econômica ou residencial típica do início do ano, quando muitas empresas e escolas estão em recesso, resultando em menor uso de energia para aquecimento, iluminação e outros fins.

6

Detalhamento dos Dados

6.1. Interpretando o Consumo do Ano de 2007

6.1.1. Cenário dos Dados do Ano de 2007

Após compreender o padrão geral da informação presente na série temporal, o cientista de dados observou a distribuição ano a ano dos dados. Neste processo de descoberta, identificou-se que a informação não era contínua, conforme ilustrado na Figura-6.1. Como solução para este problema, realizou-se uma interpolação linear, tornando a série contínua, como demonstrado na Figura-6.2.

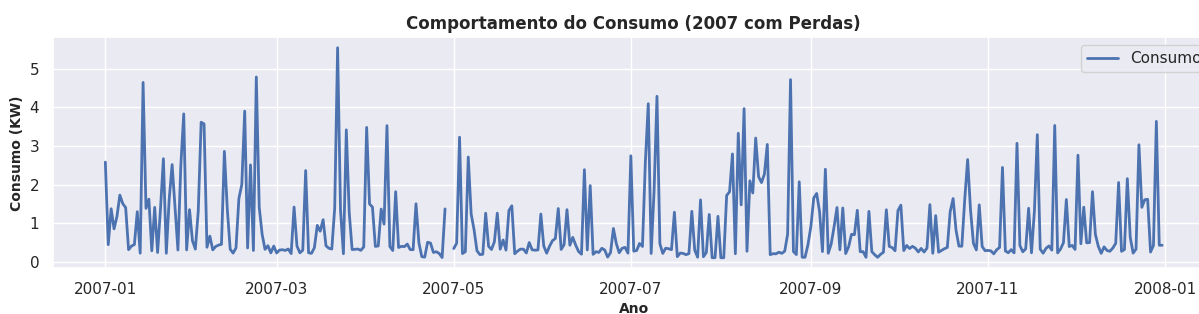


Figura 6.1: Apresentação de Perdas em 2007

6.1.2. Comportamento do Ano de 2007

O comportamento presente na Figura-6.2 indica que a demanda de energia não é constante, mas altamente dependente de variáveis temporais e sazonais. A análise detalhada desses padrões pode ajudar na previsão de consumo e na otimização do fornecimento de energia para atender às demandas específicas.

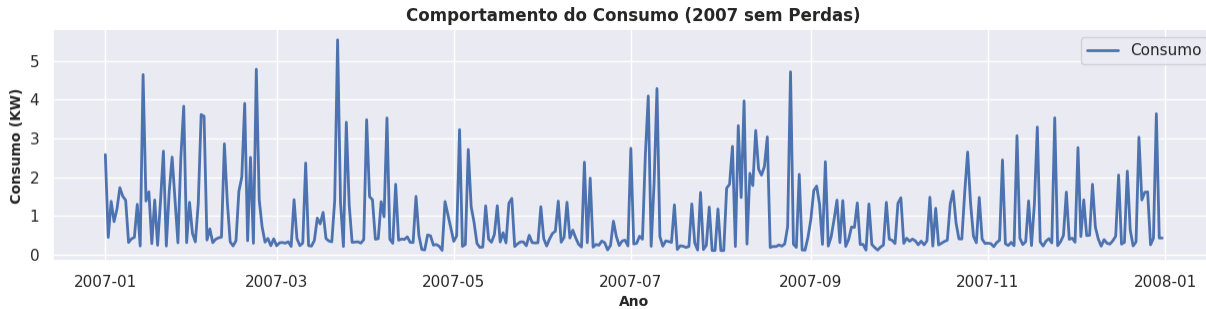


Figura 6.2: Apresentação da Contínuas em 2007

O consumo de energia ao longo de 2007 apresenta picos e vales bastante pronunciados, indicando uma variação significativa no consumo diário. Esses picos podem estar associados a eventos específicos ou ao uso intermitente de aparelhos de alta demanda energética. Esse comportamento sugere que, além dos padrões sazonais, há fatores de curto prazo que influenciam o consumo de energia, como mudanças nas condições climáticas diárias, atividades industriais específicas, ou hábitos de uso residencial que provocam essas flutuações intensas no consumo de energia.

6.1.3. Picos e Consumo do Ano de 2007

Observa-se a presença de picos de consumo recorrentes ao longo do ano, especialmente nos meses de março, julho e outubro. Esses picos podem indicar períodos de maior atividade, como aumento na produção industrial ou eventos especiais que demandam mais energia. Além disso, condições climáticas extremas durante esses meses, como ondas de calor ou frio, podem levar a um uso temporário mais intensivo de sistemas de aquecimento ou refrigeração, resultando em aumentos significativos no consumo de energia.

Existem períodos durante o ano, como em maio e setembro, onde o consumo de energia é mais baixo e menos variável. Esses períodos podem coincidir com temperaturas mais amenas, reduzindo a necessidade de aquecimento e refrigeração, ou com uma menor atividade industrial e residencial. A estabilidade do consumo nesses meses sugere que as condições são mais favoráveis e há menos fatores externos que forçam aumentos repentinos na demanda de energia, resultando em um uso mais constante e previsível.

6.1.4. Tendências e Conclusões do Ano de 2007

O gráfico também sugere uma possível tendência sazonal, com aumentos notáveis no consumo durante os meses de inverno e verão. Esse padrão é consistente com o maior uso de aquecimento durante os meses de inverno, quando as temperaturas são mais baixas, e de refrigeração durante o verão, quando as temperaturas são mais altas. Essas necessidades sazonais refletem diretamente na variação do consumo de energia, destacando a importância de ajustar a oferta de energia para atender a essas demandas flutuantes ao longo do ano.

Alguns picos de consumo são significativamente mais altos do que os demais, como os observados em março e julho. Esses picos podem indicar anomalias ou eventos específicos que demandaram um aumento extraordinário no consumo de energia, como uma onda de calor intensa, um frio extremo, ou eventos industriais que aumentaram temporariamente a demanda por energia. A identificação e análise desses picos anômalos são cruciais para entender os fatores que influenciam drasticamente o consumo de energia e para planejar medidas adequadas que possam mitigar impactos semelhantes no futuro.

6.2. Interpretando o Consumo do Ano de 2008

6.2.1. Cenário dos Dados do Ano de 2008

A Figura-6.3 mostra o comportamento do consumo de energia ao longo de 2008, detalhado ao longo dos meses do ano.

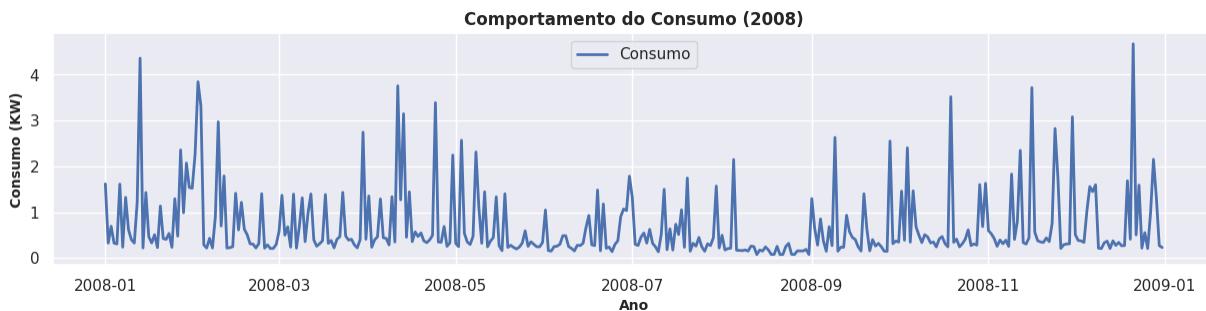


Figura 6.3: Apresentação da Contínuas em 2008

6.2.2. Comportamento do Ano de 2008

Similar ao ano de 2007, o consumo de energia em 2008 apresenta picos e vales pronunciados, indicando uma variação significativa no consumo diário. Esses picos podem estar associados ao uso intermitente de aparelhos de alta demanda energética ou a eventos específicos.

6.2.3. Picos e Consumo do Ano de 2008

Os picos de consumo mais notáveis em 2008 ocorrem em janeiro, abril e dezembro. Esses picos podem indicar períodos de maior atividade ou condições climáticas extremas que aumentam a demanda por energia, como temperaturas muito altas ou muito baixas. A presença desses picos sugere que eventos específicos ou sazonalidades influenciam significativamente o consumo de energia, demandando um maior uso de aquecimento ou refrigeração durante esses meses.

Por outro lado, o consumo de energia tende a ser mais baixo e estável durante os meses de maio a agosto. Esses períodos podem coincidir com temperaturas mais amenas, resultando em menor necessidade de aquecimento ou refrigeração, ou com uma redução na atividade industrial e residencial. A estabilidade e o menor consumo nesses meses indicam que há menos fatores externos que levam a aumentos abruptos na demanda de energia, possibilitando uma gestão mais previsível e eficiente dos recursos energéticos durante esse período.

6.2.4. Tendências e Eventos do Ano de 2008

A tendência sazonal no consumo de energia é claramente visível, com aumentos notáveis durante os meses de inverno e verão. Esses aumentos são possivelmente devido ao uso intensificado de sistemas de aquecimento durante os meses frios e de refrigeração durante os meses quentes. Essa sazonalidade reflete a maior demanda de energia para manter condições de conforto térmico em resposta às variações climáticas sazonais.

Além das tendências sazonais, algumas anomalias específicas são observadas, com picos de consumo significativamente mais altos do que os demais, especialmente em janeiro e dezembro. Esses picos podem estar relacionados a eventos específicos, como ondas de calor ou frio extremo, que provocam um aumento extraordinário na demanda de energia. Esses eventos extremos podem causar flutuações significativas no consumo de energia, exigindo uma gestão adaptativa e flexível para atender às demandas excepcionais.

6.2.5. Comparação com o Ano de 2007

Em comparação com 2007, 2008 apresenta uma distribuição mais uniforme de picos ao longo do ano, com menos variação extrema, exceto nos meses mencionados. Isso pode indicar uma gestão mais eficiente do consumo ou condições climáticas mais estáveis durante o ano.

6.3. Comportamento do Ano de 2009

Após compreender o padrão geral da informação presente na série temporal, o cientista de dados observou a distribuição ano a ano dos dados. Neste processo de descoberta, identificou-se que a informação não era contínua, conforme ilustrado na Figura-6.4. Como solução para este problema, realizou-se uma interpolação linear, tornando a série contínua, como demonstrado na Figura-6.5.

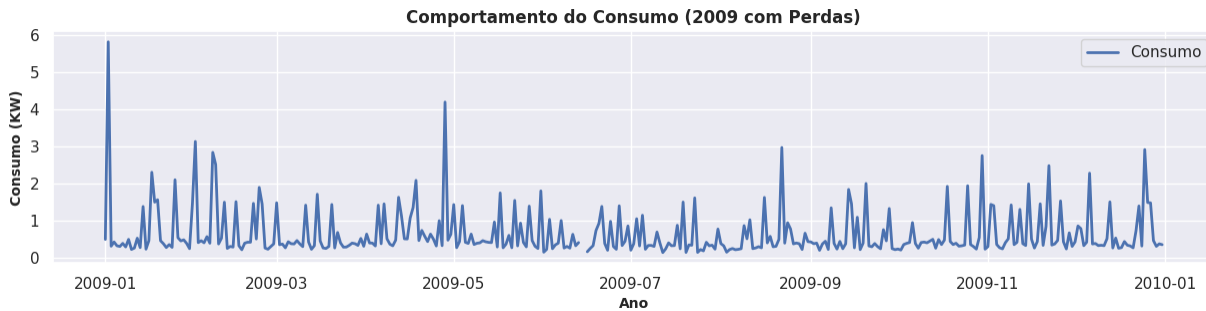


Figura 6.4: Apresentação de Perdas em 2009

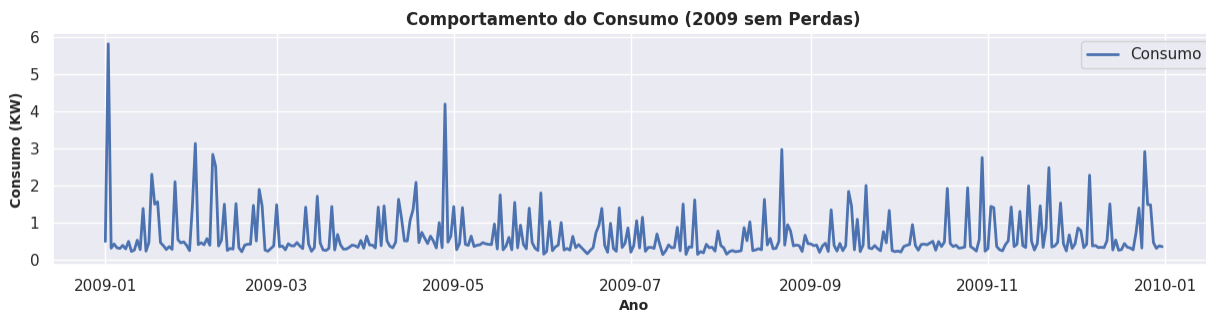


Figura 6.5: Apresentação da Contínuas em 2009

6.3.1. Picos e Consumo do Ano de 2009

O consumo de energia em 2009 apresenta variações diárias intensas, com picos e vales significativos ao longo do ano. Esse padrão indica um consumo bastante irregular, possivelmente devido ao uso intermitente de aparelhos de alta demanda energética ou a eventos específicos que provocam essas flutuações. A natureza irregular do consumo sugere que fatores de curto prazo, como mudanças nas condições climáticas diárias ou atividades industriais específicas, influenciam significativamente a demanda de energia.

Os picos mais elevados de consumo são observados em janeiro, maio e dezembro. Esses picos podem indicar períodos de maior atividade ou condições climáticas extremas que aumentam a demanda por energia, como ondas de calor ou frio extremo. Esses aumentos notáveis refletem a necessidade de maior uso de sistemas de aquecimento durante o inverno e de refrigeração durante o verão, destacando a influência das condições sazonais extremas no comportamento do consumo de energia.

6.3.2. Tendências e Eventos do Ano de 2009

A tendência sazonal no consumo de energia em 2009 é claramente visível, com aumentos significativos durante os meses de inverno e verão. Isso sugere um uso intensificado de sistemas de aquecimento durante o inverno e de refrigeração durante o verão, refletindo a necessidade de adaptar o consumo de energia às variações climáticas sazonais. Esses padrões sazonais destacam como as mudanças nas

condições climáticas ao longo do ano influenciam diretamente a demanda de energia, exigindo planejamento e gestão adequados para atender a essas flutuações.

Além das tendências sazonais, algumas anomalias específicas são observadas, com picos de consumo especialmente altos em janeiro e dezembro. Esses picos podem estar relacionados a eventos específicos, como condições climáticas extremas ou atividades industriais intensivas que exigiram um aumento extraordinário no consumo de energia. A identificação desses picos anômalos é crucial para entender os fatores que provocam aumentos repentinos na demanda e para desenvolver estratégias eficazes que possam mitigar impactos semelhantes no futuro.

6.3.3. Comparação com os anos Anteriores

Em comparação com 2007 e 2008, 2009 apresenta uma distribuição de picos mais regular, exceto pelos picos notáveis mencionados. Isso pode indicar uma leve estabilização nas condições que afetam o consumo de energia ou uma resposta mais eficiente às demandas energéticas sazonais.

6.4. Comportamento do Ano de 2010

Após compreender o padrão geral da informação presente na série temporal, o cientista de dados observou a distribuição ano a ano dos dados. Neste processo de descoberta, identificou-se que a informação não era contínua, conforme ilustrado na Figura-6.6. Como solução para este problema, realizou-se uma interpolação linear, tornando a série contínua, como demonstrado na Figura-6.7.

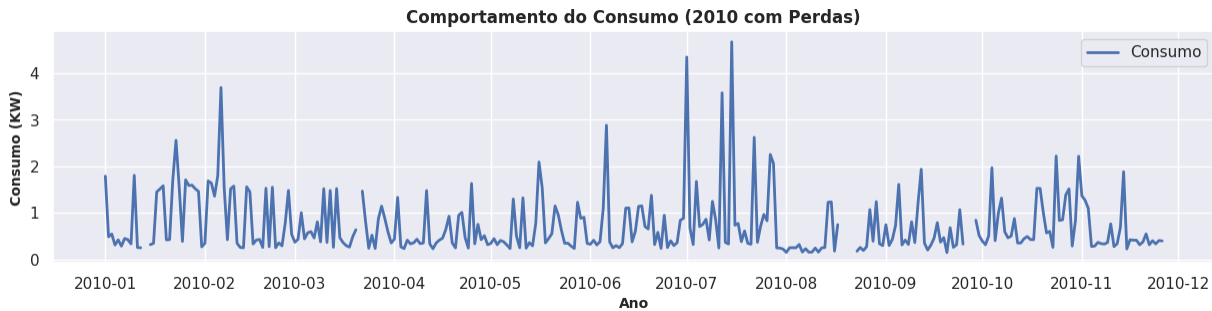


Figura 6.6: Apresentação de Perdas em 2010

O consumo de energia em 2010 apresenta variações diárias significativas, com picos e vales ao longo do ano. Isso indica um padrão de consumo irregular, possivelmente devido ao uso intermitente de aparelhos de alta demanda energética ou eventos específicos que causam essas flutuações.

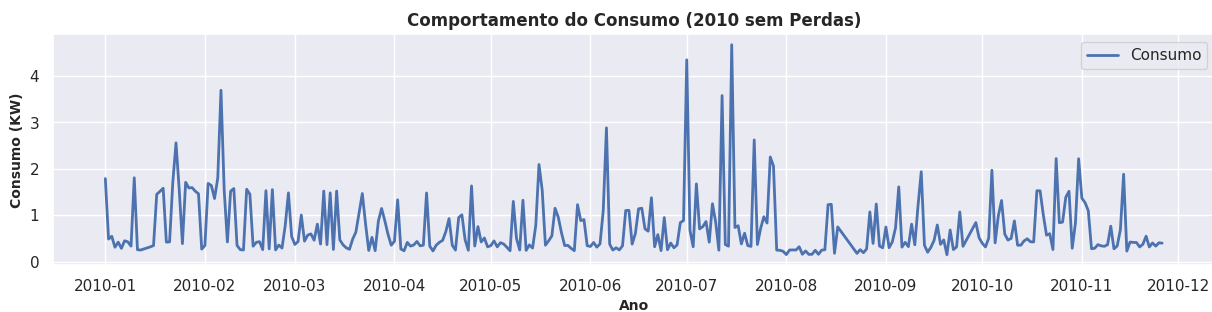


Figura 6.7: Apresentação da Contínuas em 2010

6.4.1. Picos e Consumo do Ano de 2010

Os picos de consumo mais notáveis em 2010 ocorrem em fevereiro, junho, julho e agosto. Esses picos podem estar relacionados a períodos de maior atividade ou condições climáticas extremas, como ondas de calor ou frio, que aumentam a demanda por energia. A ocorrência desses picos sugere que eventos sazonais e mudanças climáticas têm um impacto significativo na variação do consumo energético ao longo do ano.

Por outro lado, o consumo de energia tende a ser mais baixo e estável durante os meses de março a maio e de outubro a dezembro. Esses períodos podem coincidir com temperaturas mais amenas ou menor atividade industrial e residencial, resultando em uma menor demanda por energia. A estabilidade e o menor consumo nesses meses indicam que há menos fatores externos que forçam aumentos abruptos na demanda, possibilitando uma gestão mais previsível e eficiente dos recursos energéticos durante esses períodos.

6.4.2. Tendências e Eventos do Ano de 2010

Há uma tendência sazonal visível no consumo de energia em 2010, com aumentos notáveis durante os meses de verão (junho a agosto), indicando um uso intensificado de sistemas de refrigeração. Além disso, no início do ano, observa-se um pico significativo em fevereiro, possivelmente relacionado ao uso de aquecimento durante o inverno. Esses padrões sazonais refletem a necessidade de adaptar o consumo de energia às variações climáticas, com maior demanda em períodos de temperaturas extremas.

Além das tendências sazonais, algumas anomalias específicas são observadas, com picos de consumo significativamente mais altos em fevereiro e julho. Esses picos podem estar relacionados a eventos específicos, como condições climáticas extremas ou atividades industriais intensivas que exigiram um aumento extraordinário no consumo de energia. A identificação desses picos é crucial para entender os fatores que provocam aumentos repentinos na demanda e para desenvolver estratégias eficazes que possam mitigar impactos semelhantes no futuro.

6.4.3. Comparação com os anos Anteriores

Em comparação com 2007, 2008 e 2009, 2010 apresenta uma distribuição de picos mais regular, com vários meses mostrando picos significativos. Isso pode indicar uma resposta mais consistente às demandas sazonais e a eventos que aumentam a necessidade de consumo energético.

7

Auto Correlação

7.1. Autocorrelação dos Dados

A autocorrelação é uma ferramenta essencial na análise de séries temporais, pois permite identificar e quantificar a dependência temporal entre os dados. Ela ajuda a detectar padrões sazonais e ciclos, mostrando como os valores em diferentes pontos no tempo estão correlacionados. Por exemplo, picos na função de autocorrelação em lags específicos podem indicar a presença de sazonalidade, enquanto correlações persistentes ao longo de vários lags podem sugerir tendências de longo prazo. Esse entendimento é crucial para analisar as dinâmicas subjacentes e fazer previsões mais precisas.

Na modelagem e previsão de séries temporais, a autocorrelação desempenha um papel fundamental na seleção de modelos apropriados. A análise de autocorrelação ajuda a determinar as ordens dos componentes autoregressivos (AR) e de médias móveis (MA) em modelos ARIMA. Identificar lags significativos com correlações altas permite capturar a estrutura temporal da série, melhorando a precisão das previsões. Além disso, a avaliação da autocorrelação dos resíduos após o ajuste de um modelo ajuda a diagnosticar a qualidade do ajuste, indicando se a dependência temporal foi adequadamente capturada.

A autocorrelação também é útil na identificação de anomalias e na filtragem de ruído em séries temporais. Picos inesperados na função de autocorrelação podem sinalizar outliers ou mudanças estruturais na série, permitindo a detecção de eventos anômalos ou transições de regime. Compreender a estrutura autocorrelacionada dos dados ajuda a separar o sinal do ruído, melhorando a qualidade das análises e previsões. Em aplicações práticas, como a gestão de recursos energéticos ou a análise de mercados financeiros, a autocorrelação permite prever picos de demanda e identificar padrões de preços, contribuindo para decisões estratégicas e operacionais mais eficazes.

7.1.1. Autocorrelação Presente nos Anos de Consumo

Em 2007, o gráfico de autocorrelação apresentado na Figura-7.1 também mostra uma concentração de pontos em valores baixos de $y(t)$ e $y(t+1)$, similar aos outros anos. No entanto, há uma quantidade maior de pontos dispersos com valores altos, indicando maior variabilidade e dias com consumo de energia que influenciaram fortemente o consumo do dia seguinte.

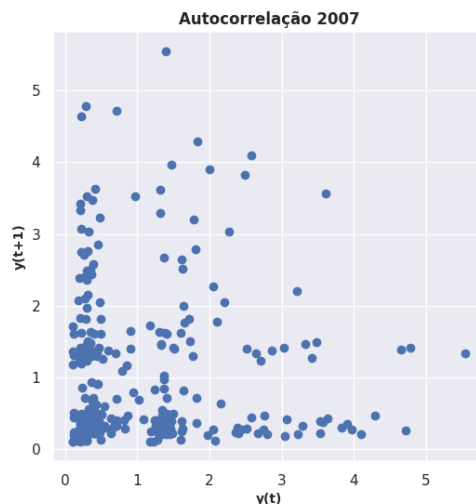


Figura 7.1: Autocorrelação do Ano de 2007

O gráfico de 2008 apresentado na Figura-7.2 mostra uma distribuição de pontos um pouco mais dispersa em comparação com 2009 e 2010. Ainda assim, a maioria dos pontos se concentra em valores baixos de $y(t)$ e $y(t+1)$. A presença de pontos dispersos com valores mais altos sugere que o consumo de energia foi mais variável e teve dias com impacto significativo no consumo subsequente.

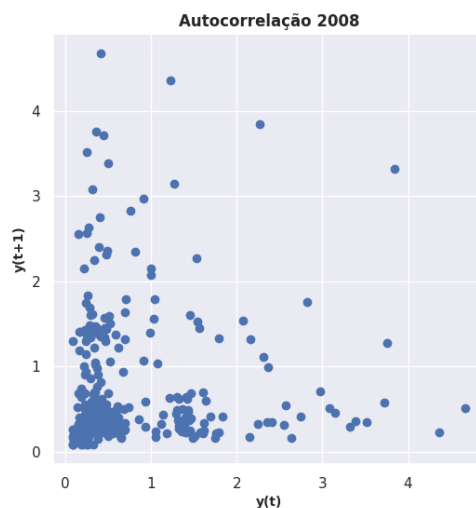


Figura 7.2: Autocorrelação do Ano de 2008

Em 2009 como apresentado na Figura-7.3, observa-se um comportamento similar ao de 2010, com a maioria dos pontos concentrados próximos ao eixo horizontal e valores de $y(t+1)$ variando entre 0 e 1. Há também alguns outliers com valores mais altos, indicando que em alguns dias específicos o consumo

de energia foi muito alto e teve um impacto direto no dia seguinte.

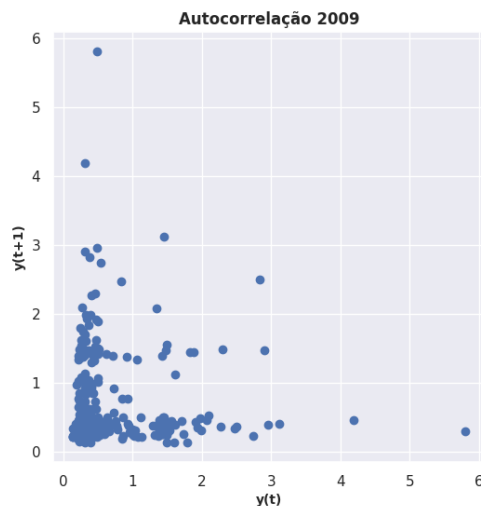


Figura 7.3: Autocorrelação do Ano de 2009

O gráfico de autocorrelação para 2010 apresentado na Figura-7.4 mostra uma concentração de pontos próximos ao eixo horizontal ($y(t)$), com a maioria dos valores de $y(t+1)$ variando entre 0 e 1. Isso indica uma correlação moderada entre os valores de consumo de um dia para o próximo. Existem alguns pontos dispersos com valores mais altos, sugerindo que, ocasionalmente, o consumo em um dia influencia significativamente o consumo no dia seguinte.

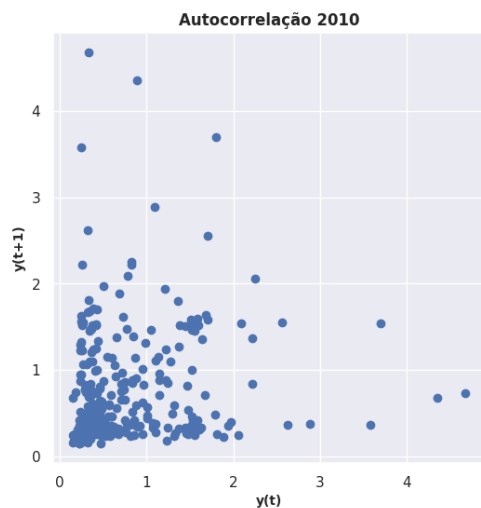
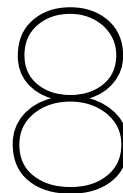


Figura 7.4: Autocorrelação do Ano de 2010

7.1.2. Conclusão Parcial

Em todos os anos, a maioria dos pontos está concentrada em valores baixos de consumo, sugerindo que, na maioria dos dias, o consumo de energia em um dia é moderadamente correlacionado com o consumo no dia seguinte.

A presença de outliers em todos os gráficos indica que, ocasionalmente, há dias com consumo muito alto que têm um impacto direto no consumo subsequente. Comparando os anos, 2007 e 2008 apresentam uma maior dispersão de pontos altos em comparação com 2009 e 2010, sugerindo maior variabilidade no consumo de energia nesses anos.



Entendendo o Consumo de Energia

8.1. Boxplot do Entendimento

O uso de boxplots é uma ferramenta valiosa para visualizar, entender e gerenciar a demanda de consumo de energia, fornecendo insights cruciais que podem orientar a tomada de decisões estratégicas e operacionais.

8.1.1. Entendimento do Consumo Anual

Esses padrões podem ser úteis para entender a demanda de energia ao longo do ano e planejar estratégias de gestão de energia que considerem as variações sazonais e os picos de consumo.

8.1.2. Avaliação do Consumo do Ano 2007

A Figura-8.1 observamos os meses 7 e 8 apresentam a maior variabilidade no consumo de energia, com valores máximos atingindo acima de 5 kW e a presença de vários outliers. Esses meses destacam-se pelo uso intensificado de energia, possivelmente devido ao aumento da demanda por refrigeração durante o verão. A variabilidade significativa nesses meses indica que o consumo de energia é mais irregular e sujeito a picos excepcionais.

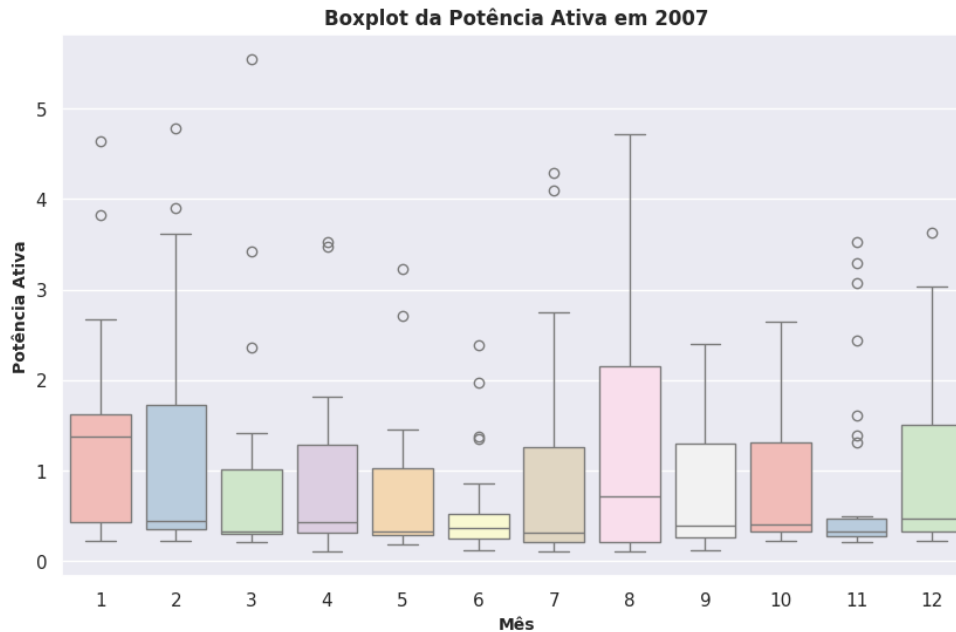


Figura 8.1: Consumo de Energia Anual do Ano de 2007

Os meses 1 e 2 também mostram uma variabilidade significativa, com vários outliers, sugerindo um maior uso de energia devido às baixas temperaturas do inverno, que elevam a demanda por aquecimento. Por outro lado, a maioria dos outros meses apresenta uma distribuição mais compacta da potência ativa, com menos outliers e menor variabilidade, indicando um consumo mais estável e previsível nesses períodos. Esses padrões são úteis para entender as flutuações sazonais no consumo de energia e para planejar estratégias de gestão de recursos energéticos.

8.1.3. Avaliação do Consumo do Ano 2008

A Figura-8.2 observamos os meses 1, 4 e 12 apresentam a maior variabilidade na potência ativa, com valores máximos chegando a 4 kW e a presença de vários outliers. Isso indica que, nesses meses, há uma maior flutuação no consumo de energia, possivelmente devido a condições climáticas extremas no início e no final do ano, além de eventos específicos que aumentam a demanda energética.

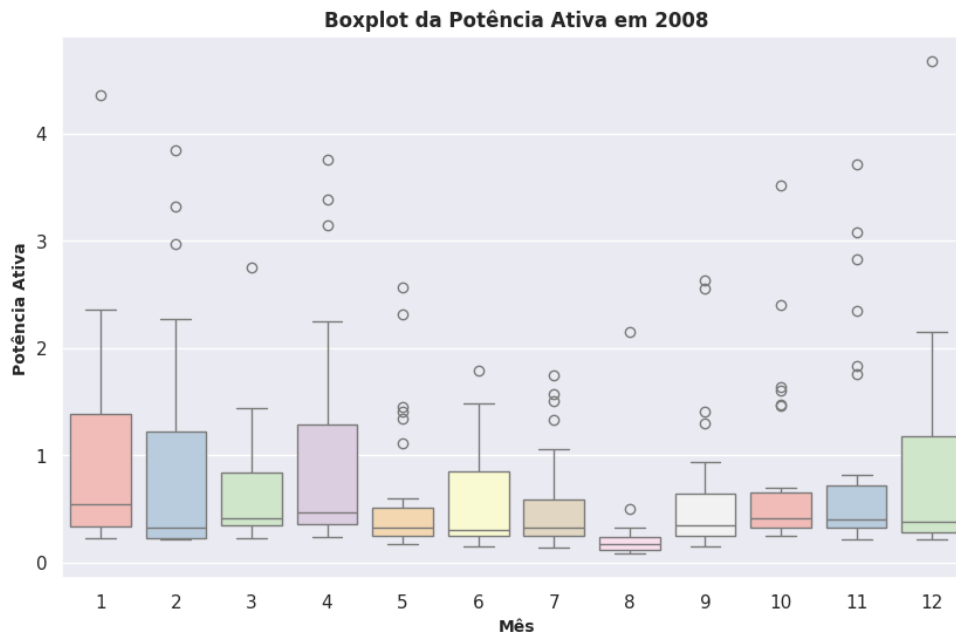


Figura 8.2: Consumo de Energia Anual do Ano de 2008

Por outro lado, os outros meses mostram uma distribuição mais compacta e menor variabilidade no consumo de energia, com menos outliers. Isso sugere que, nesses períodos, o consumo de energia é mais estável e previsível, sem grandes flutuações. Esses padrões ajudam a identificar os períodos do ano com maior variabilidade no consumo de energia, permitindo uma gestão mais eficaz dos recursos energéticos e uma melhor preparação para os picos de demanda.

8.1.4. Avaliação do Consumo do Ano 2009

A Figura-8.3 observamos o mês 2 apresenta a maior variabilidade no consumo de energia, com valores máximos chegando a 6 kW e muitos outliers. Essa alta variabilidade sugere um consumo energético mais irregular, possivelmente devido a condições climáticas extremas de inverno que aumentam significativamente a demanda por aquecimento.

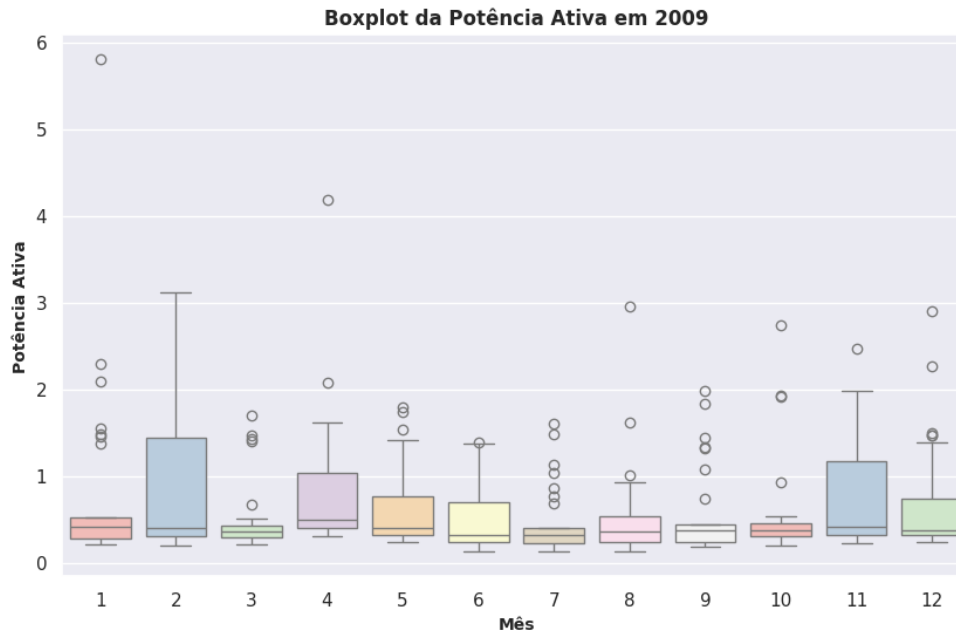


Figura 8.3: Consumo de Energia Anual do Ano de 2009

Os meses 10 e 11 mostram uma variabilidade moderada, com alguns outliers, indicando períodos de maior consumo energético, embora não tão intensos quanto em fevereiro. Os outros meses apresentam uma distribuição mais compacta da potência ativa, com menos outliers e menor variabilidade, refletindo um consumo de energia mais estável e previsível durante esses períodos. Esses padrões são importantes para entender as flutuações sazonais e para planejar a gestão eficiente da demanda energética ao longo do ano.

8.1.5. Avaliação do Consumo do Ano 2010

A Figura-8.4 observamos os meses 1 e 2 apresentam a maior variabilidade na potência ativa, com valores máximos atingindo acima de 4 kW e a presença de diversos outliers. Isso indica que, nesses meses, o consumo de energia é altamente irregular, possivelmente devido ao uso intensificado de aquecimento durante o inverno, resultando em dias com consumo excepcionalmente alto.

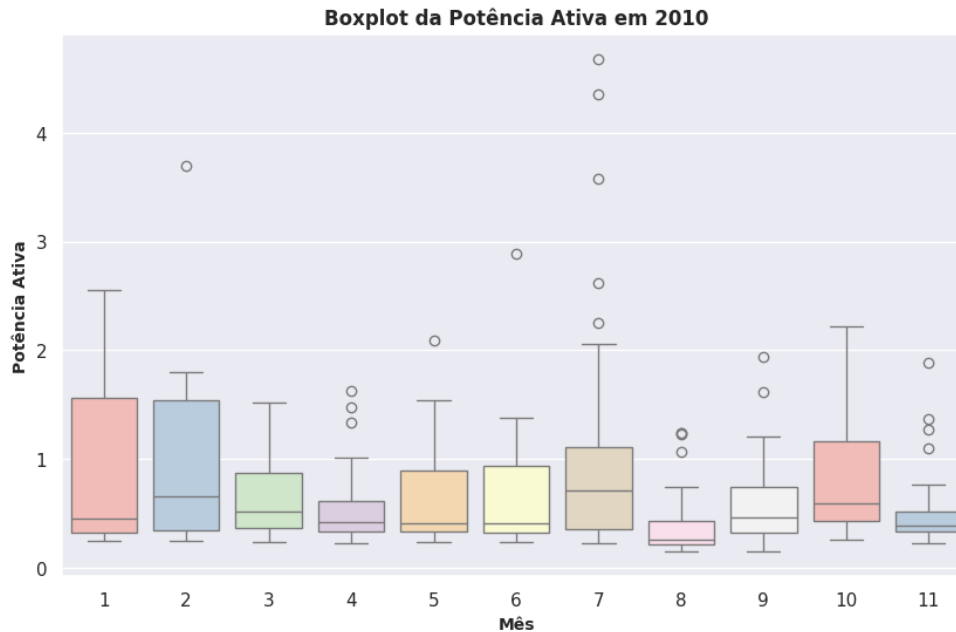


Figura 8.4: Consumo de Energia Anual do Ano de 2010

Os meses 6 e 7 também mostram uma variabilidade significativa, com vários outliers, sugerindo um maior uso de energia para refrigeração durante o verão. Por outro lado, a maioria dos outros meses apresenta uma distribuição mais compacta da potência ativa, com menos outliers e menor variabilidade, refletindo um consumo de energia mais estável e previsível durante esses períodos. Esses padrões ajudam a identificar os períodos de maior flutuação no consumo de energia e a planejar estratégias eficazes para gerenciar a demanda energética ao longo do ano.

8.1.6. Conclusão do Consumo Anual

Os boxplots da potência ativa de 2007 a 2010 mostram uma clara sazonalidade, com os primeiros meses do ano (janeiro e fevereiro) e os meses de verão (junho e julho) apresentando maior variabilidade no consumo de energia e muitos outliers. Isso sugere que o consumo de energia aumenta significativamente devido a condições climáticas extremas, como frio intenso no início do ano e calor no meio do ano, resultando em maior uso de aquecimento e refrigeração.

Nos meses intermediários, a variabilidade do consumo de energia é menor, indicando um consumo mais estável e previsível. No entanto, a presença de outliers em vários meses ao longo dos anos indica que, ocasionalmente, há dias com consumo de energia excepcionalmente alto, que podem estar relacionados a eventos específicos ou condições climáticas extremas. Esses padrões são importantes para o planejamento e a gestão eficiente da demanda de energia, permitindo a adaptação às variações sazonais e a preparação para picos de consumo.

8.2. Entendimento do Consumo Semanal

Esses padrões podem ser úteis para entender como o consumo de energia varia ao longo da semana e para planejar estratégias de gestão de energia que considerem as diferenças no consumo diário.

8.2.1. Avaliação do Consumo Semanal 2007

O consumo de energia aos domingos apresenta a maior variabilidade, com valores máximos atingindo acima de 5 kW e muitos outliers. Isso indica que o uso de energia aos domingos é mais irregular, possivelmente devido a atividades variadas e imprevisíveis que ocorrem nesse dia da semana. Os picos de consumo e a presença de outliers sugerem que eventos específicos ou hábitos diferentes de uso de energia contribuem para essa maior flutuação.

Por outro lado, a maioria dos outros dias da semana mostra uma distribuição mais compacta da potência ativa, com menos outliers e menor variabilidade. Isso reflete um consumo de energia mais estável e previsível durante a semana. A consistência no consumo de energia nesses dias indica que as atividades diárias são mais regulares, permitindo uma melhor gestão e previsão do uso de energia ao longo da semana.

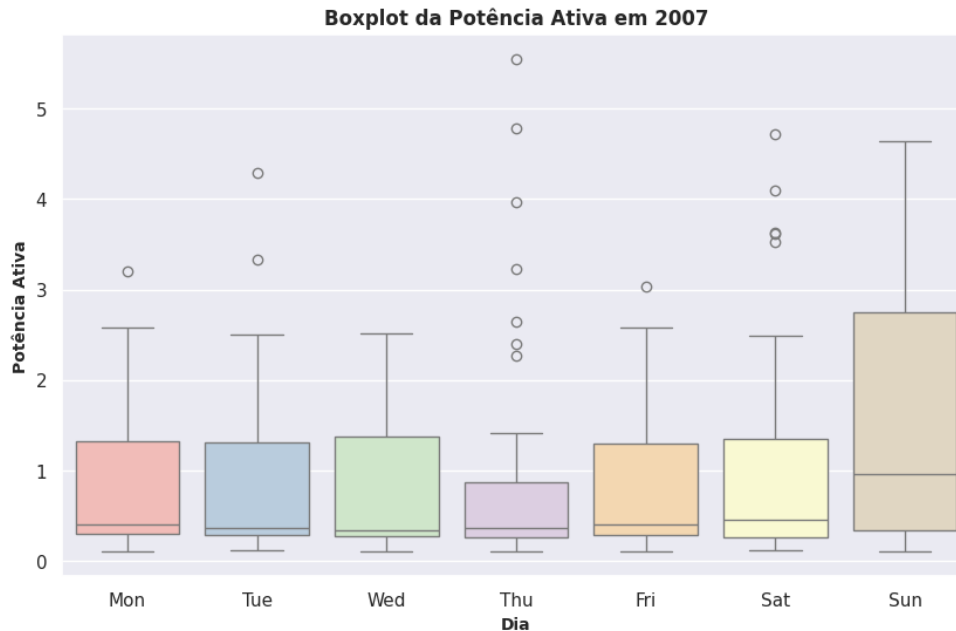


Figura 8.5: Consumo de Energia Semanal do Ano de 2007

8.2.2. Avaliação do Consumo Semanal 2008

Domingo mostra novamente a maior variabilidade no consumo de energia, com valores máximos chegando a 4 kW e a presença de vários outliers. Isso indica que aos domingos há um uso de energia mais irregular e elevado, possivelmente devido a atividades variáveis e diferentes padrões de comportamento em comparação com os dias úteis.

Por outro lado, os outros dias da semana apresentam uma distribuição mais compacta e menor variabilidade no consumo de energia, com menos outliers. Isso sugere um consumo mais estável e previsível durante a semana, refletindo atividades mais regulares e consistentes. Esse padrão indica que a demanda energética é mais constante nos dias úteis, facilitando a gestão e previsão do consumo de energia ao longo da semana.

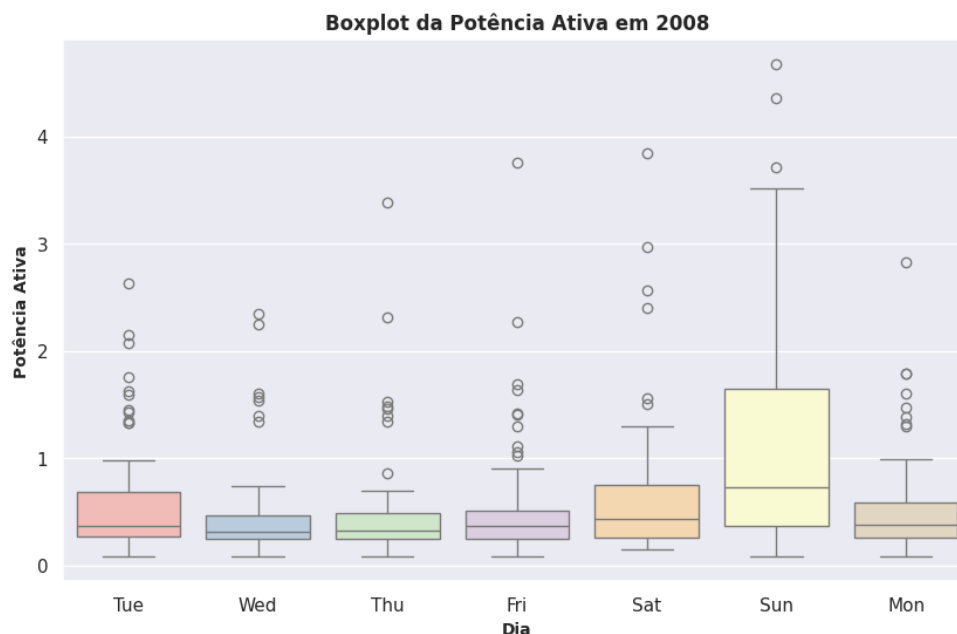


Figura 8.6: Consumo de Energia Semanal do Ano de 2008

8.2.3. Avaliação do Consumo Semanal 2009

Domingo mostra a maior variabilidade no consumo de energia, com valores máximos chegando a 6 kW e a presença de muitos outliers. Isso sugere que o consumo de energia aos domingos é mais irregular, possivelmente devido a diferentes atividades e padrões de uso em comparação com os dias úteis.

Por outro lado, os outros dias da semana apresentam uma distribuição mais compacta da potência ativa, com menos outliers e menor variabilidade. Isso reflete um consumo de energia mais estável durante a semana, indicando que as atividades diárias são mais regulares e previsíveis. Essa consistência facilita a gestão e a previsão do consumo de energia nos dias úteis.

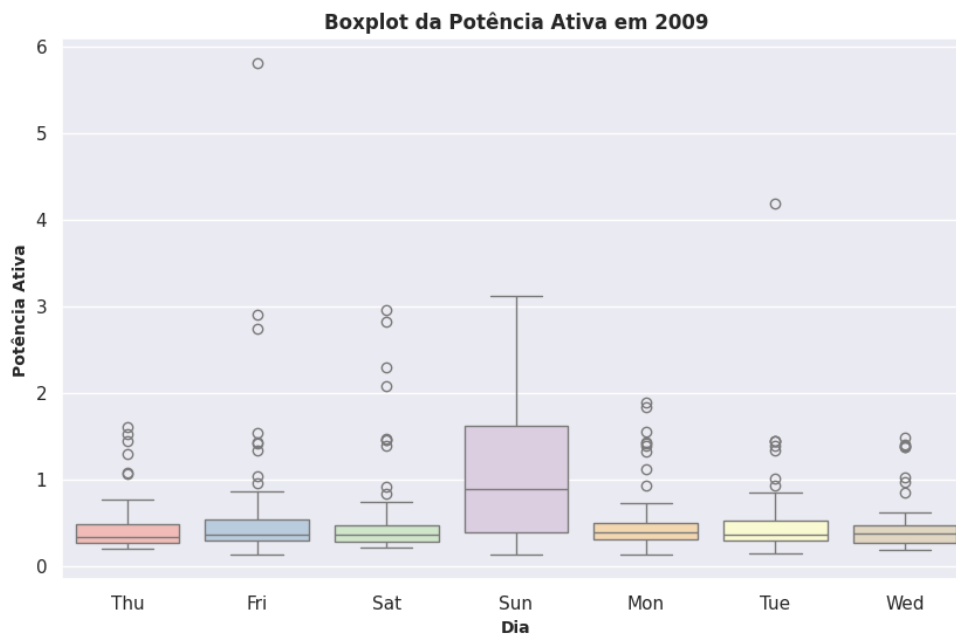


Figura 8.7: Consumo de Energia Semanal do Ano de 2009

8.2.4. Avaliação do Consumo Semanal 2010

Domingo apresenta a maior variabilidade na potência ativa, com valores máximos chegando a 4 kW e a presença de vários outliers. Isso indica que aos domingos há dias com consumo excepcionalmente alto, possivelmente devido a atividades variáveis e imprevisíveis que ocorrem nesse dia da semana, resultando em um uso de energia mais irregular.

Por outro lado, os outros dias da semana mostram uma distribuição mais compacta e menor variabilidade na potência ativa, com menos outliers. Isso sugere um consumo de energia mais estável e previsível durante a semana, refletindo atividades mais regulares e consistentes. Esse padrão de consumo estável facilita a gestão e previsão da demanda energética ao longo dos dias úteis.

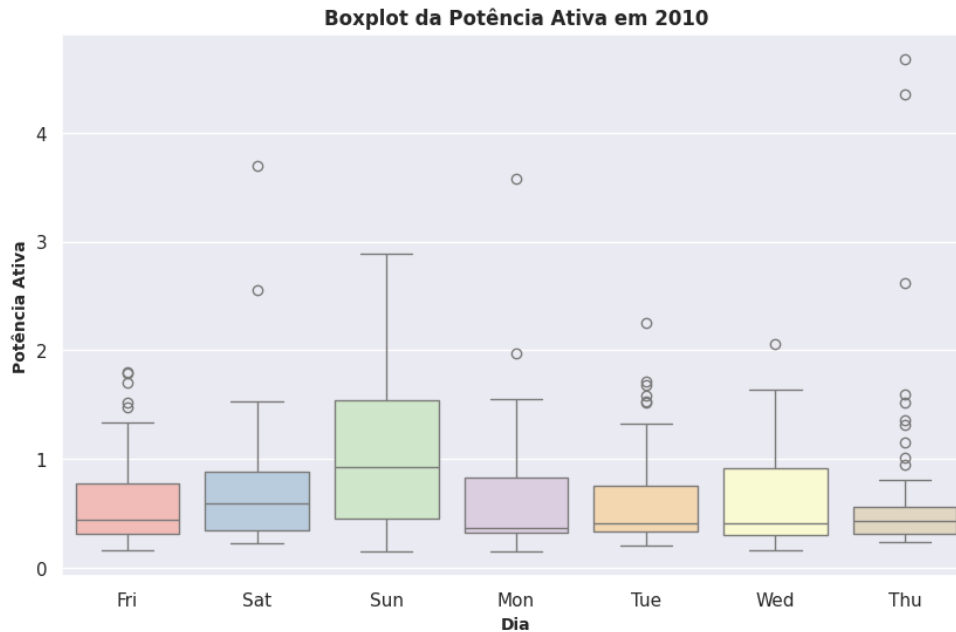


Figura 8.8: Consumo de Energia Semanal do Ano de 2010

8.2.5. Conclusão do Consumo Semanal

A sazonalidade semanal é evidente em todos os anos analisados, com os domingos apresentando a maior variabilidade e mais outliers na potência ativa. Isso sugere que os domingos têm um padrão de consumo de energia mais irregular e elevado, provavelmente devido a atividades menos previsíveis e diferentes hábitos de uso de energia em comparação com os dias úteis.

Nos outros dias da semana, a distribuição da potência ativa é mais compacta, com menor variabilidade e menos outliers. Isso indica um consumo de energia mais estável e previsível durante a semana, refletindo atividades diárias mais regulares e consistentes. Esse padrão de estabilidade facilita a gestão e previsão da demanda energética, permitindo uma melhor alocação de recursos ao longo dos dias úteis.

8.3. Entendimento do Consumo Horário

A partir das figuras apresentadas dos boxplots semanais da potência ativa para os anos de 2007 a 2010, é possível fazer algumas observações sobre o comportamento do consumo de energia ao longo do comportamento horário.

8.3.1. Avaliação do Consumo Horário 2007

A análise do boxplot da potência ativa em 2007 ao longo das horas do dia revela que o consumo de energia varia significativamente ao longo das 24 horas. Durante as madrugadas, entre 0h e 5h, o consumo de energia é relativamente baixo e estável, com pouca variabilidade e a maioria dos valores concentrados próximos ao mínimo. Isso sugere menor atividade residencial e comercial durante essas horas. No entanto, a partir das 6h, o consumo de energia começa a aumentar gradualmente, refletindo o início das atividades matinais, como pessoas acordando e começando suas rotinas diárias.

Os períodos de pico de consumo são claramente identificados durante as manhãs e as noites. Entre 6h e 9h, há um aumento significativo na variabilidade do consumo de energia, com muitos outliers, indicando um uso intensificado de eletrodomésticos e preparação de refeições. O maior pico de consumo ocorre entre 18h e 21h, onde a potência ativa atinge seus valores máximos, com a maior variabilidade e o maior número de outliers. Este comportamento é esperado, pois reflete o retorno das pessoas para casa, a preparação do jantar e o uso de aparelhos eletrônicos e iluminação.

Durante o dia, entre 10h e 17h, o consumo de energia se estabiliza, apresentando menor variabilidade em comparação aos períodos de pico. Após 21h, há uma diminuição gradual no consumo, conforme as atividades noturnas encerram e as pessoas se preparam para dormir. A presença de outliers em praticamente todas as horas do dia indica dias com consumo excepcionalmente alto, possivelmente devido a eventos específicos ou condições climáticas extremas. Em suma, esses padrões de consumo ao longo do dia são cruciais para a gestão eficiente de recursos energéticos e para a implementação de estratégias de economia de energia.

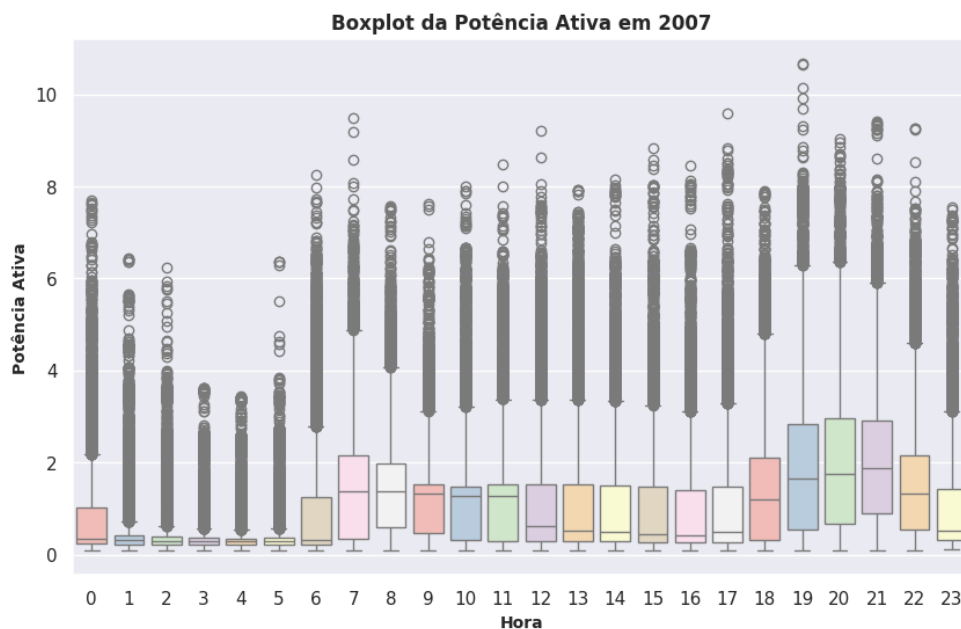


Figura 8.9: Consumo de Energia Horária do Ano de 2007

8.3.2. Avaliação do Consumo Horário 2008

A análise do boxplot da potência ativa ao longo das horas do dia em 2008 revela que o consumo de energia é mais baixo e estável durante as madrugadas, entre 0h e 5h. As caixas dos boxplots são pequenas e os outliers são poucos, indicando que a maioria das residências e estabelecimentos comerciais consome menos energia durante essas horas de menor atividade.

A partir das 6h, há um aumento gradual no consumo de energia, atingindo um pico matinal por volta das 8h. Esse aumento reflete o início das atividades diárias, como o uso de eletrodomésticos e a preparação de refeições matinais. A variabilidade do consumo de energia também aumenta durante esse período, com mais outliers indicando picos ocasionais no uso de energia.

Os maiores picos de consumo ocorrem entre 18h e 21h, correspondendo ao retorno das pessoas para casa e às atividades noturnas. Durante essas horas, a potência ativa atinge seus valores máximos, e a variabilidade é significativamente maior, com muitos outliers observados. Isso sugere um uso intensificado de eletrodomésticos, iluminação e outras atividades que demandam energia, resultando em um consumo mais irregular e alto durante as noites.

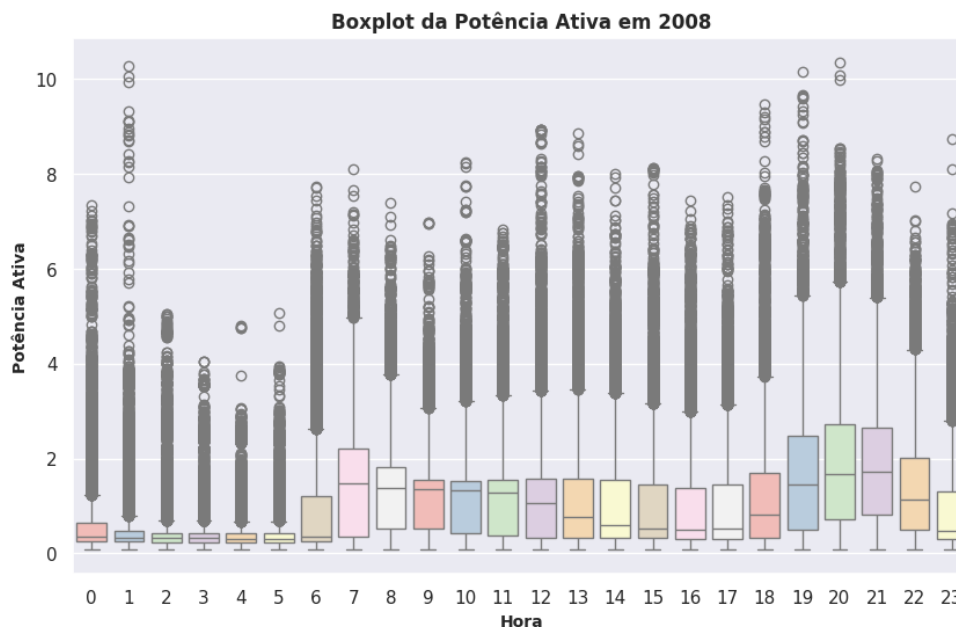


Figura 8.10: Consumo de Energia Horária do Ano de 2008

8.3.3. Avaliação do Consumo Horário 2009

A análise do boxplot da potência ativa ao longo das horas do dia em 2009 revela que o consumo de energia é mais baixo e estável durante as madrugadas, entre 0h e 5h. Durante essas horas, a variabilidade do consumo é mínima, refletida pelas pequenas caixas dos boxplots e pela concentração dos valores em níveis baixos. Esse comportamento é esperado devido à menor atividade residencial e comercial durante a madrugada.

A partir das 6h, há um aumento gradual no consumo de energia, que continua até as 8h. Este aumento é refletido pelo alargamento das caixas dos boxplots e pelo aumento da mediana do consumo, indicando maior variabilidade e um uso mais intenso de energia. Este período coincide com o início das atividades diárias, como acordar, preparar o café da manhã e utilizar aparelhos eletrônicos, resultando em um aumento significativo no consumo de energia.

Os maiores picos de consumo de energia ocorrem entre 18h e 21h. Durante essas horas, a potência ativa atinge seus valores máximos e apresenta a maior variabilidade, com muitas caixas grandes e um número significativo de outliers. Este comportamento sugere um uso intensificado de energia devido ao retorno das pessoas para casa, preparação de jantares, uso de eletrodomésticos e iluminação. Em resumo, o padrão de consumo de energia ao longo do dia em 2009 mostra uma baixa variabilidade nas madrugadas, um aumento gradual pela manhã e picos significativos à noite.

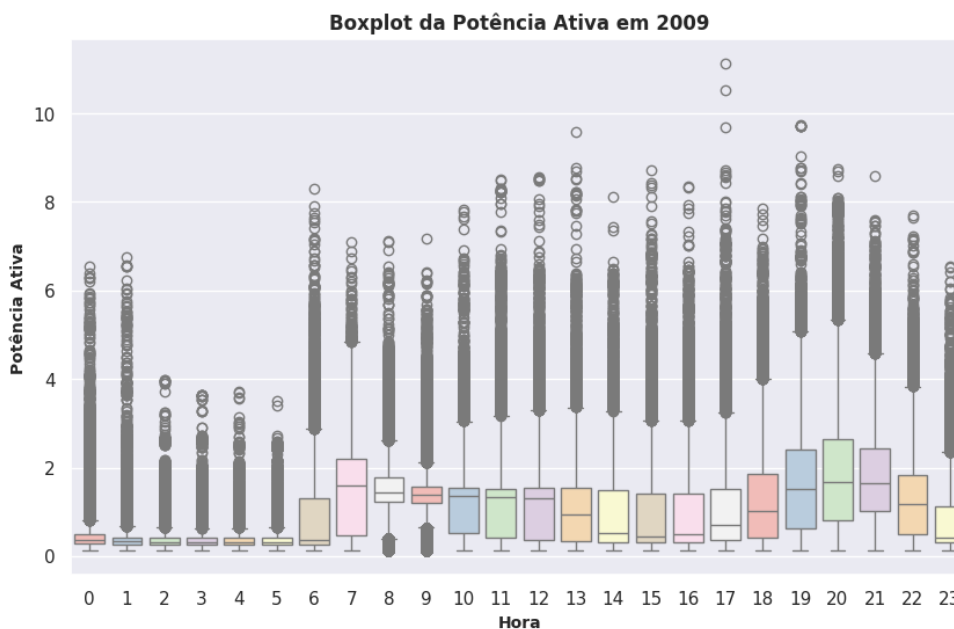


Figura 8.11: Consumo de Energia Horária do Ano de 2009

8.3.4. Avaliação do Consumo Horário 2010

O comportamento do consumo de energia ao longo das horas do dia em 2010 mostra um padrão claro de variabilidade ao longo das 24 horas. Durante a madrugada, entre 0h e 5h, o consumo é baixo e estável, com pouca variabilidade, refletindo a menor atividade das residências e do comércio. As caixas dos boxplots são pequenas e os valores são geralmente baixos, indicando um uso reduzido de aparelhos elétricos nesse período.

A partir das 6h, observa-se um aumento significativo no consumo de energia, que continua a subir até as 8h. Este aumento está associado ao início das atividades diárias, como as pessoas acordando, preparando o café da manhã e utilizando mais eletrodomésticos. As caixas dos boxplots se tornam maiores, indicando maior variabilidade no consumo de energia, com a mediana subindo substancialmente em comparação com as horas anteriores.

Os maiores picos de consumo ocorrem entre 17h e 21h, período que apresenta a maior variabilidade e um número significativo de outliers. Este comportamento reflete o retorno das pessoas para casa, a preparação de refeições e o uso de iluminação e eletrônicos, resultando em um uso intensificado de energia. Em resumo, o consumo de energia ao longo do dia em 2010 é caracterizado por uma baixa variabilidade nas madrugadas, um aumento gradual pela manhã e picos significativos no início da noite.

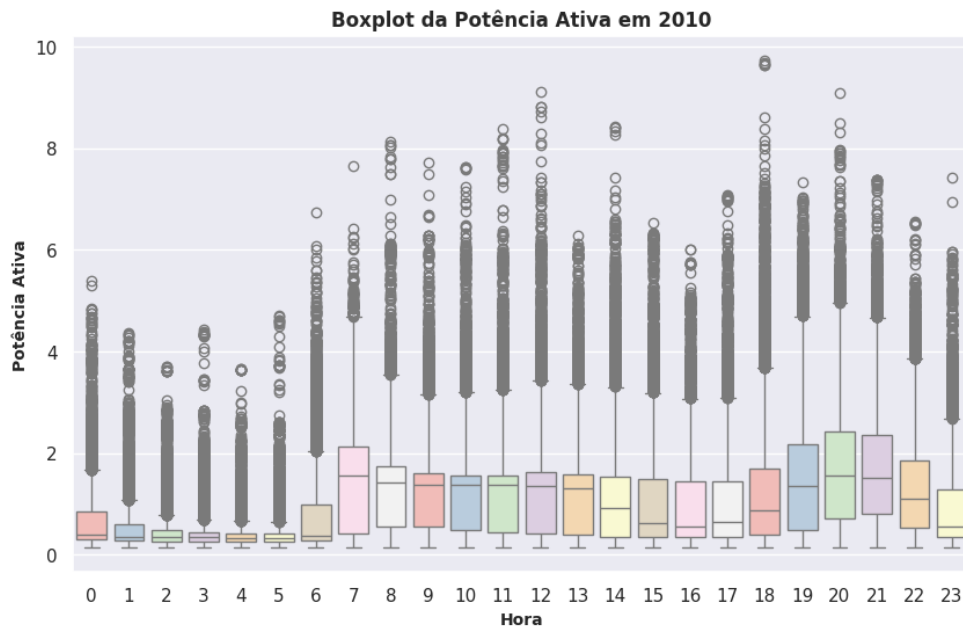


Figura 8.12: Consumo de Energia Horária do Ano de 2010

8.3.5. Conclusão do Consumo Horário

A sazonalidade semanal é evidente em todos os anos analisados, com os domingos apresentando a maior variabilidade e mais outliers na potência ativa. Isso sugere que os domingos têm um padrão de consumo de energia mais irregular e elevado, possivelmente devido a atividades menos previsíveis e diferentes hábitos de uso de energia em comparação com os dias úteis. Os picos de consumo e a presença de outliers indicam que eventos específicos ou diferentes comportamentos aos domingos contribuem para essa maior flutuação.

Nos outros dias da semana, a distribuição da potência ativa é mais compacta, com menor variabilidade e menos outliers. Isso reflete um consumo de energia mais estável e previsível durante a semana, com atividades diárias mais regulares e consistentes. Essa estabilidade facilita a gestão e a previsão da demanda energética ao longo dos dias úteis, permitindo uma melhor alocação de recursos e planejamento eficiente da demanda de energia.

Utilizando o Mapa de Calor

9.1. A Importância do Mapa de Calor

O uso de heatmaps para entender a demanda de consumo de energia é extremamente importante por várias razões. Primeiramente, eles oferecem uma visualização intuitiva, utilizando cores para representar a intensidade do consumo, o que facilita a identificação de padrões e anomalias de forma visual. Essa abordagem ajuda a destacar rapidamente áreas de alta e baixa demanda, bem como identificar picos anômalos que podem indicar problemas, como falhas de equipamentos ou eventos inesperados.

Além disso, os heatmaps permitem a análise de sazonalidade, mostrando dados ao longo de diferentes períodos, como horas do dia, dias da semana ou meses do ano, facilitando a identificação de padrões sazonais e ciclos diários de consumo de energia.

Além da identificação de padrões e anomalias, os heatmaps são valiosos para a comparação de dados, facilitando a análise comparativa do consumo de energia entre diferentes períodos ou locais. Isso ajuda a identificar tendências e diferenças regionais ou temporais no uso de energia. Os heatmaps também são essenciais para o planejamento e gestão de recursos, permitindo que gestores tomem decisões informadas sobre a alocação de recursos, planejamento de manutenção e implementação de estratégias de eficiência energética.

Adicionalmente, eles ajudam na detecção de problemas operacionais, comunicação eficaz de insights sobre o consumo de energia e previsão de demanda, antecipando necessidades futuras e otimizando o uso de recursos. Quando aplicados a dados espaciais, os heatmaps também podem mostrar a distribuição geográfica do consumo de energia, identificando áreas de maior demanda que podem necessitar de infraestrutura adicional ou melhorias na eficiência energética.

9.2. Conclusão do Mapa de Calor

A Figura-9.1 apresenta um heatmap da potência média fornecida ao longo dos anos de 2007 a 2010, revelando padrões sazonais claros no consumo de energia. Nos meses de verão (janeiro, fevereiro e dezembro), a potência média fornecida tende a ser mais alta, frequentemente acima de 1.4 kW, especialmente em 2007 e 2008, indicando um aumento no uso de energia para refrigeração.

Em contraste, durante o inverno (junho e julho), a potência média fornecida diminui, com valores caindo para 0.6 kW ou menos, especialmente notável em julho de 2008, quando atinge um valor excepcionalmente baixo de 0.3 kW. Esse comportamento sugere uma redução no consumo de energia devido a condições climáticas mais amenas ou menor atividade econômica.

Além dos padrões sazonais, o heatmap mostra uma consistência relativa na potência média fornecida ao longo dos anos, variando de 0.7 kW a 1.5 kW na maioria dos meses. Algumas anomalias destacam-se, como o valor extremamente baixo de julho de 2008 e os altos valores de dezembro de 2007 e 2010, que atingem 1.6 kW e 1.4 kW, respectivamente.

Observa-se também um aumento progressivo na potência média fornecida à medida que o ano se aproxima do final, especialmente em novembro e dezembro, sugerindo uma maior demanda de energia nesses meses devido a mudanças sazonais e aumento das atividades econômicas e sociais. Esses insights são cruciais para o planejamento e a gestão eficiente da demanda energética ao longo do ano.

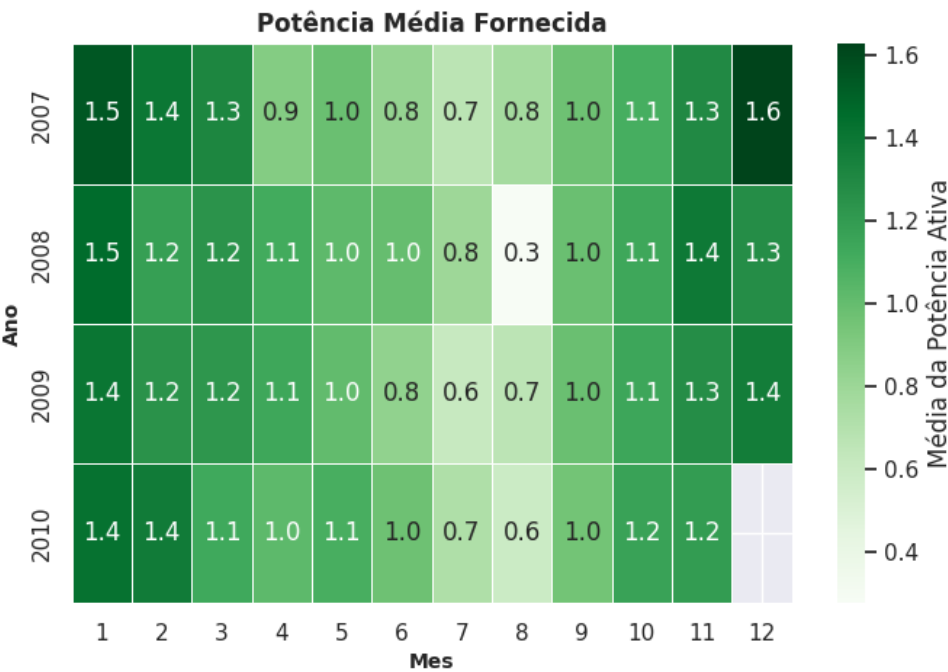


Figura 9.1: Dados em Mapa de Calor Integrado

10

Entendimento das Tendências

10.1. Entendimento das Tendências das Series Temporais

Entender as tendências de uma série temporal é fundamental para a previsão e planejamento eficazes, permitindo que as organizações antecipem demandas futuras e aloque recursos de maneira mais precisa.

Ao prever aumentos na demanda, como o consumo de energia durante o verão, as empresas podem se preparar adequadamente para atender a essa demanda, evitando sobrecargas e otimizando o uso de recursos. Além disso, a análise de tendências facilita a identificação de padrões sazonais e cíclicos, permitindo que as organizações adaptem suas estratégias para aproveitar esses ciclos recorrentes e detectar anomalias que podem indicar problemas ou oportunidades.

A compreensão das tendências também é crucial para a gestão de riscos e adaptação a mudanças. Identificar tendências de longo prazo ajuda a mitigar riscos e a se preparar para cenários adversos, enquanto permite que as organizações respondam rapidamente a mudanças no mercado ou no ambiente operacional, mantendo a competitividade e a resiliência.

Além disso, a análise de tendências contribui para a melhoria contínua de produtos e serviços, inspirando inovação e desenvolvimento que atendam melhor às necessidades dos clientes. Em resumo, entender as tendências de séries temporais capacita as organizações a se preparar melhor para o futuro, aproveitar oportunidades e responder de forma eficaz a desafios e mudanças.

10.2. Entendimento das Tendências do Ano de 2007

Em 2007 como mostra a Figura-10.1, o consumo de energia apresenta uma série de picos e vales ao longo do ano. O consumo começa moderado, aumentando para um pico em fevereiro.

Após uma queda em março, há outro pico significativo em julho. O consumo diminui novamente em agosto, seguido por um aumento gradual até novembro. Em dezembro, o consumo estabiliza em um nível mais alto.

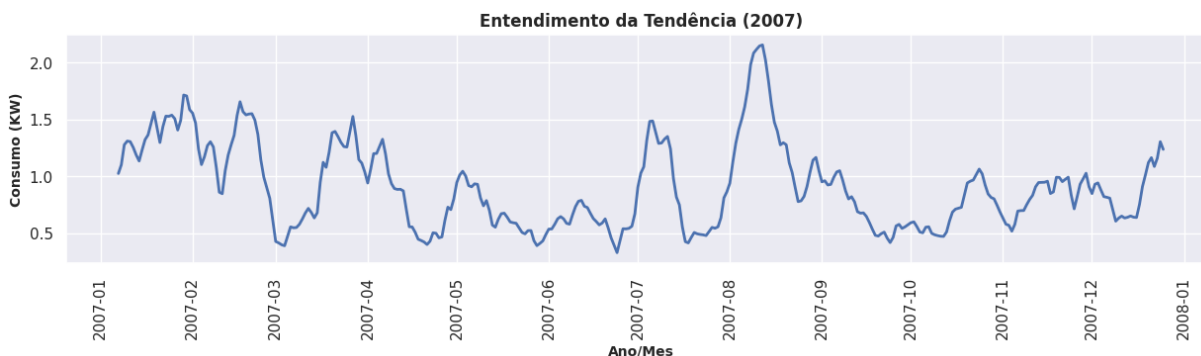


Figura 10.1: Tendências do Ano de 2007

10.3. Entendimento das Tendências do Ano de 2008

O ano de 2008 como mostra a Figura-10.2, apresenta um comportamento inicial semelhante, com um aumento acentuado no consumo em fevereiro, atingindo picos de cerca de 1,5 kW. Após esse pico, há uma queda significativa em março, seguida por um padrão de flutuações moderadas.

O consumo diminui gradualmente durante os meses de verão, atingindo o ponto mais baixo em julho. A partir de setembro, há um aumento gradual que culmina em um pico em dezembro.

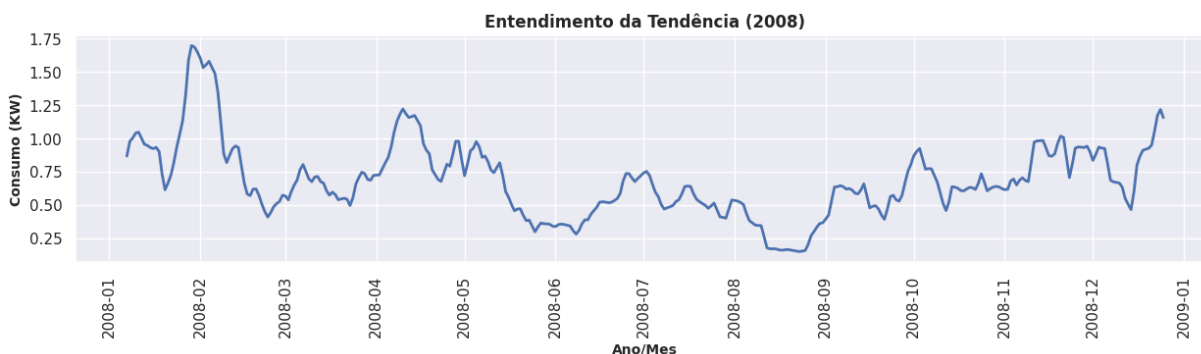


Figura 10.2: Tendências do Ano de 2008

10.4. Entendimento das Tendências do Ano de 2009

Em 2009 como mostra a Figura-10.3, apresenta o consumo de energia apresenta flutuações mais constantes ao longo do ano. O ano começa com um consumo moderado, que aumenta para um pico em fevereiro.

Há uma série de altos e baixos ao longo do ano, com picos menores em abril e outubro. O consumo tende a cair em maio e junho, e novamente em agosto, antes de aumentar em dezembro.

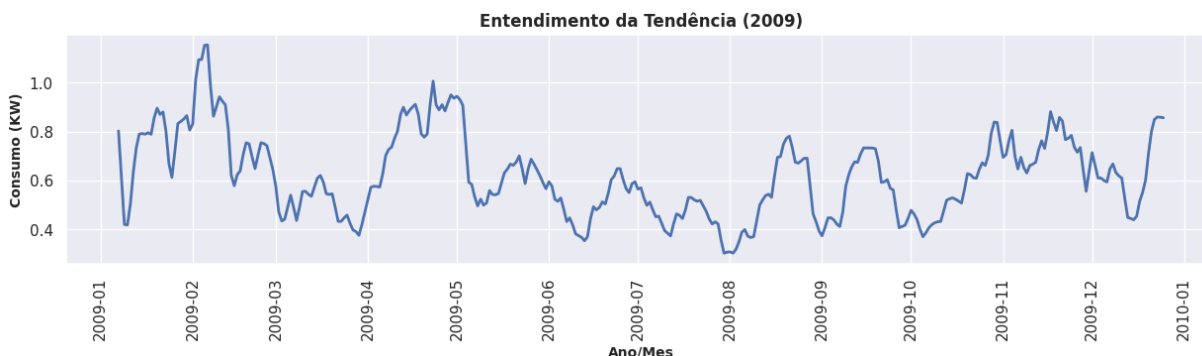


Figura 10.3: Tendências do Ano de 2009

10.5. Entendimento das Tendências do Ano de 2010

Em 2010 como mostra a Figura-??, apresenta o consumo de energia começa baixo em janeiro, mas rapidamente aumenta, atingindo um pico significativo em fevereiro, acima de 1,5 kW.

Após esse pico, há uma queda acentuada até abril, seguida de flutuações moderadas durante o resto do ano. Observa-se um leve aumento no consumo em julho e outro em novembro, antes de estabilizar em um nível mais baixo em dezembro.

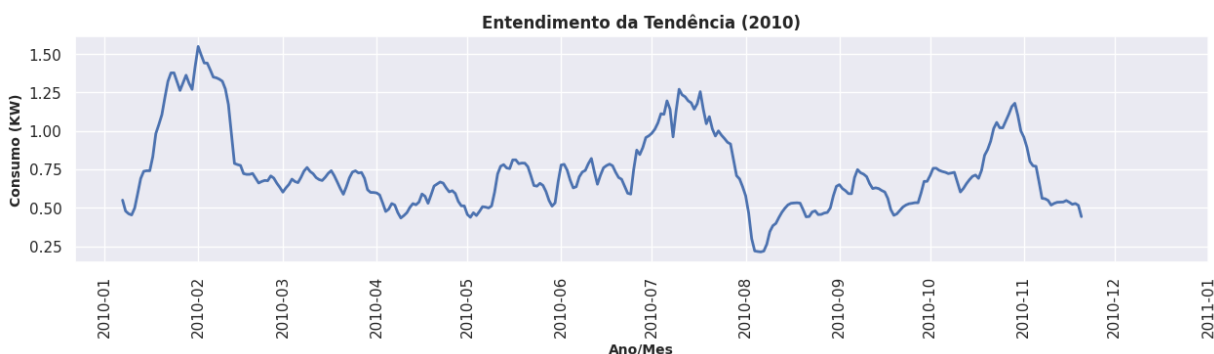


Figura 10.4: Tendências do Ano de 2010

Entendo a Sobreposição de Demanda

11.1. Comportamento do Consumo Mensal

O gráfico do consumo mensal (Figura-11.1) ao longo dos anos de 2007 a 2010 mostra variações sazonais claras. Em 2009, o consumo atinge um pico em agosto, sugerindo um aumento significativo na demanda de energia possivelmente devido a fatores sazonais como o uso de ar-condicionado durante o verão.

2007 e 2010 apresentam um comportamento semelhante, com um aumento gradual no consumo a partir de abril, atingindo picos em agosto e setembro, respectivamente. Já 2008 mostra um padrão mais irregular, mas com um aumento notável entre maio e julho.

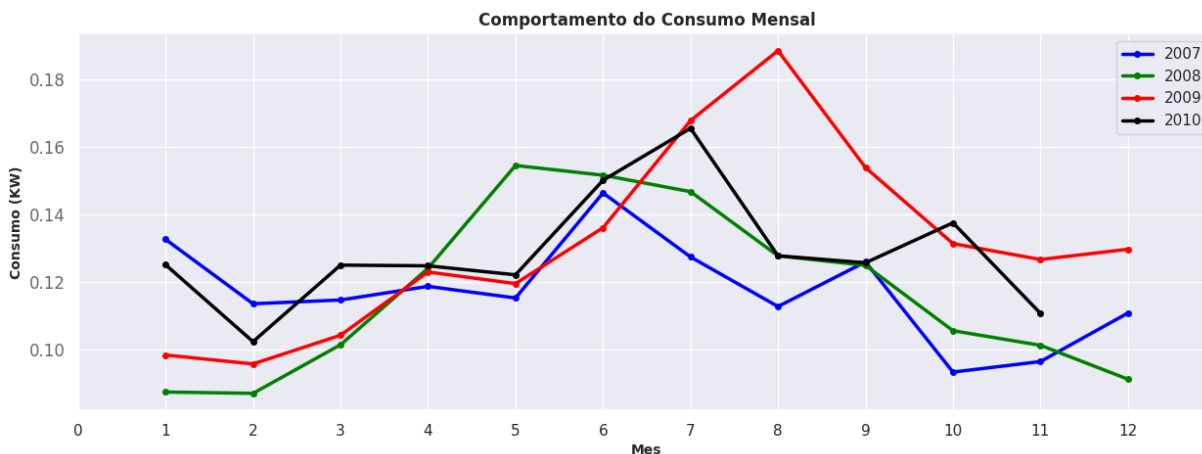


Figura 11.1: Consumo de Energia Mensal de Todos os Anos

11.2. Comportamento do Consumo Semanal

O consumo semanal (Figura-11.2) revela variações ao longo dos dias da semana. Em geral, os sábados (Sat) e domingos (Sun) apresentam os maiores valores de consumo, possivelmente devido ao maior tempo que as pessoas passam em casa, resultando em maior uso de eletricidade. Durante os dias úteis, o consumo é relativamente estável, com um leve aumento nas sextas-feiras (Fri).

Esse padrão sugere que a atividade doméstica tem um impacto significativo no consumo de energia, especialmente durante os fins de semana. A diferença entre os meses é mais notável nos finais de semana, com os picos de consumo sendo mais acentuados em alguns meses.

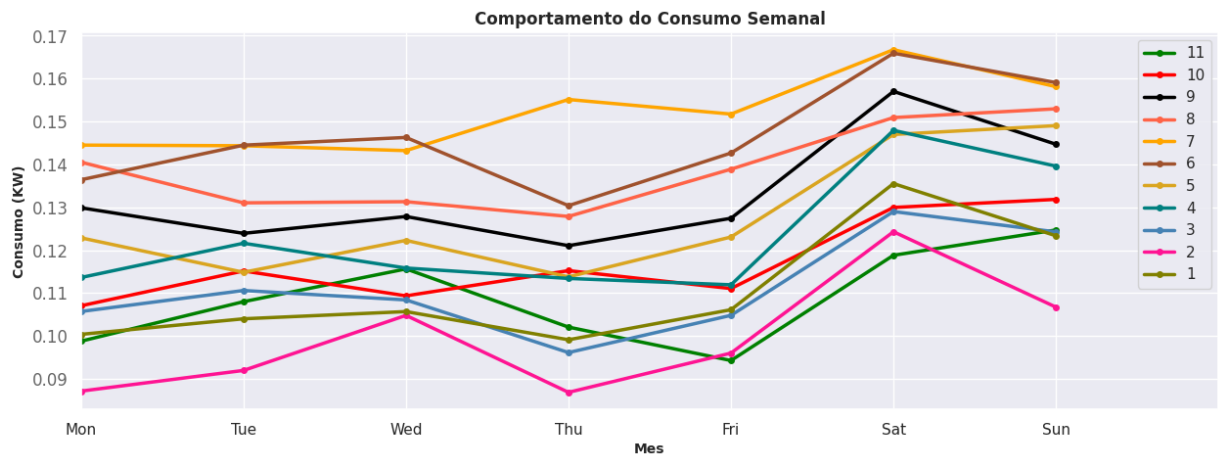


Figura 11.2: Consumo de Energia Semanal de Todos os Anos

11.3. Comportamento do Consumo Diário

A análise do consumo diário (Figura-11.3) revela padrões distintos ao longo das 24 horas do dia. Observa-se um aumento gradual no consumo de energia a partir das 6h, com um pico significativo por volta das 12h.

Isso pode ser atribuído ao início das atividades diárias, como o uso de eletrodomésticos e o aumento da atividade comercial. Outro pico é observado entre 18h e 20h, coincidindo com o retorno das pessoas para casa e o aumento do uso de dispositivos eletrônicos e iluminação. Os domingos (Sun) apresentam o maior consumo durante o meio-dia, enquanto os dias úteis têm um padrão mais consistente de consumo.

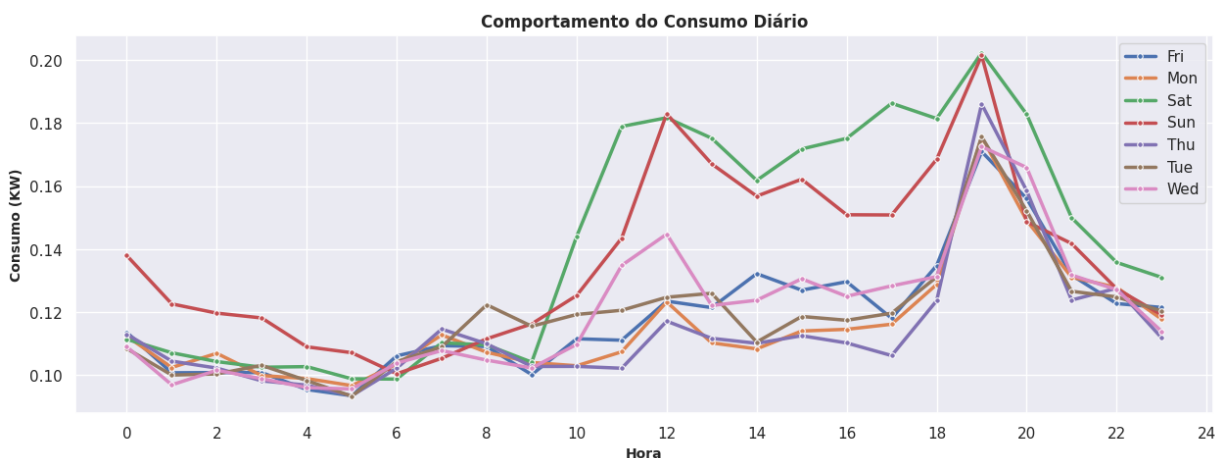


Figura 11.3: Consumo de Energia Diário de Todos os Anos

11.4. Conclusões Gerais

Os gráficos mostram padrões distintos de consumo de energia que variam diariamente, semanalmente e mensalmente.

Esses padrões são influenciados por atividades humanas regulares, mudanças sazonais e possivelmente condições climáticas. Entender esses comportamentos é crucial para o planejamento e a gestão eficiente da demanda de energia, permitindo a implementação de estratégias para otimizar o uso de recursos energéticos e atender à demanda de forma eficaz.

12

Entendo se a Série é Estacionária ou Não Estacionária

12.1. Importância de Identificar a Estacionaridade da Série

Séries temporais estacionárias possuem propriedades estatísticas constantes ao longo do tempo, como média e variância. Essa característica torna a aplicação de modelos estatísticos tradicionais, como o ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average), mais direta e eficaz.

Modelos como o ARIMA são projetados para séries estacionárias e utilizam a constância das propriedades estatísticas para fazer previsões precisas e identificar padrões. A suposição de estacionaridade simplifica a modelagem, pois permite que os parâmetros estimados sejam consistentes e confiáveis ao longo do tempo.

Por outro lado, para séries não estacionárias, que exibem tendências, sazonalidades ou variâncias variáveis, é essencial transformá-las em estacionárias antes de aplicar modelos que assumem estacionaridade. Técnicas como a diferenciação (subtração do valor atual pelo valor anterior), transformações logarítmicas e remoção de tendências são frequentemente utilizadas para estabilizar a série.

Transformar a série em estacionária permite que os modelos estatísticos capturem de maneira mais eficaz os padrões subjacentes, resultando em previsões mais precisas e análises mais robustas. Sem essa transformação, a aplicação de modelos tradicionais pode levar a resultados imprecisos e inferências enganosas.

12.2. Principais Métodos

Para verificar se uma série temporal é estacionária, é comum aplicar testes de estacionaridade como o teste de Dickey-Fuller aumentado (ADF) ou o teste KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin).

O teste ADF verifica a presença de uma raiz unitária na série, onde a hipótese nula é de que a série possui uma raiz unitária (não estacionária). Se o valor p do teste ADF for menor que um nível de significância escolhido, rejeitamos a hipótese nula e consideramos a série estacionária.

Por outro lado, o teste KPSS tem a hipótese nula de que a série é estacionária, e se o valor p for menor que o nível de significância, rejeitamos a hipótese nula, indicando que a série é não estacionária. Ambos os testes oferecem perspectivas complementares sobre a estacionaridade da série.

Se uma série temporal for determinada como não estacionária, várias técnicas podem ser aplicadas para estabilizá-la. A diferenciação é uma técnica comum, onde calculamos a diferença entre valores consecutivos da série, ajudando a remover tendências lineares e tornar a série estacionária.

Outra técnica é a transformação logarítmica, que pode estabilizar a variância da série. A remoção de tendências, através do ajuste e subtração de uma linha de tendência, também é eficaz. Ao aplicar essas técnicas, transformamos a série em uma forma estacionária, permitindo a aplicação de modelos estatísticos que assumem estacionaridade, como ARIMA, e melhorando a precisão das previsões.

12.3. Avaliação do Ano de 2007

Os resultados do Teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) para a série temporal de 2007 indicam que a série é estacionária. A estatística ADF obtida é -6.18037964493376, que é significativamente menor do que os valores críticos para todos os níveis de significância considerados (1%, 5% e 10%). Esses valores críticos são -3.984211023818932, -3.422790618322112 e -3.1342831665632085, respectivamente. A comparação mostra claramente que a estatística ADF está bem abaixo desses valores, sugerindo que podemos rejeitar a hipótese nula de que a série possui uma raiz unitária.

Além disso, o valor p associado ao teste é extremamente baixo, 9.104987801491588e-07. Em testes estatísticos, um valor p baixo indica fortes evidências contra a hipótese nula. Nesse caso, o valor p é muito menor do que qualquer nível de significância comum (como 0.05, 0.01, ou até 0.001), reforçando ainda mais a rejeição da hipótese nula. Portanto, temos fortes evidências de que a série temporal de 2007 não é não estacionária, confirmando sua estacionaridade.

Concluindo, com base na estatística ADF e no valor p, podemos afirmar com alto grau de confiança que a série temporal de 2007 é estacionária. Isso significa que suas propriedades estatísticas, como média e variância, permanecem constantes ao longo do tempo. Essa característica torna a série adequada para a aplicação de modelos estatísticos tradicionais que assumem estacionaridade, como o ARIMA, permitindo previsões mais precisas e análises mais robustas.

Comportamento da Série Temporal	
Descrição	Valor
Hipótese Nula	A série é Estacionária
ADF-Statistic	-6.18037964493376
P-Value	9.104987801491588e-07
Número de lags	5
Número de Observações	359
Valores Críticos	1%: -3.984211023818932 5%: -3.422790618322112 10%: -3.1342831665632085

Tabela 12.1: Comportamento Estacionário do Ano de 2007

12.4. Avaliação do Ano de 2008

Os resultados do Teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) para a série temporal de 2008 indicam que a série é estacionária. A estatística ADF obtida é -5.397641534763485, que é significativamente menor do que os valores críticos para todos os níveis de significância considerados (1%, 5% e 10%). Esses valores críticos são -3.984211023818932, -3.422790618322112 e -3.1342831665632085, respectivamente. A comparação mostra claramente que a estatística ADF está bem abaixo desses valores, sugerindo que podemos rejeitar a hipótese nula de que a série possui uma raiz unitária.

O valor p associado ao teste é 3.6594711768301534e-05, um valor extremamente pequeno. Em testes estatísticos, um valor p baixo indica fortes evidências contra a hipótese nula. Nesse caso, o valor p é muito menor do que qualquer nível de significância comum (como 0.05, 0.01, ou até 0.001), reforçando ainda mais a rejeição da hipótese nula. Portanto, temos fortes evidências de que a série temporal de 2008 não é não estacionária, confirmando sua estacionaridade.

Concluindo, com base na estatística ADF e no valor p, podemos afirmar com alto grau de confiança que a série temporal de 2008 é estacionária. Isso significa que suas propriedades estatísticas, como média e variância, permanecem constantes ao longo do tempo. Essa característica torna a série adequada para a aplicação de modelos estatísticos tradicionais que assumem estacionaridade, como o ARIMA, permitindo previsões mais precisas e análises mais robustas.

Comportamento da Série Temporal	
Descrição	Valor
Hipótese Nula	A série é Estacionária
ADF-Statistic	-5.397641534763485
P-Value	3.6594711768301534e-05
Número de lags	6
Número de Observações	359
Valores Críticos	1%: -3.984211023818932 5%: -3.422790618322112 10%: -3.1342831665632085

Tabela 12.2: Comportamento Estacionário do Ano de 2008

12.5. Avaliação do Ano de 2009

Os resultados do Teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) para a série temporal de 2009 indicam que a série é fortemente estacionária. A estatística ADF obtida é -19.162925411333717, que é significativamente menor do que os valores críticos para todos os níveis de significância considerados (1%, 5% e 10%). Esses valores críticos são -3.983858492918219 para 1%, -3.422620677558916 para 5% e -3.13418338427965 para 10%. A estatística ADF muito mais negativa que esses valores críticos sugere uma rejeição clara e forte da hipótese nula de que a série possui uma raiz unitária.

O valor p associado ao teste é 0.0, o que significa que há evidências extremamente fortes contra a hipótese nula. Em termos estatísticos, um valor p de 0 indica que a probabilidade de obter os resultados observados, caso a hipótese nula fosse verdadeira, é praticamente nula. Isso reforça ainda mais a conclusão de que a série temporal de 2009 não é não estacionária. A ausência de lags no modelo ADF também simplifica a análise, indicando que a série não tem uma dependência temporal significativa que precise ser ajustada.

Com base na estatística ADF extremamente negativa e no valor p de 0.0, podemos concluir com altíssima confiança que a série temporal de 2009 é estacionária. As propriedades estatísticas da série, como média e variância, são constantes ao longo do tempo. Isso torna a série adequada para a aplicação de modelos estatísticos que assumem estacionaridade, como ARIMA. A estacionaridade da série permite previsões mais precisas e facilita a análise de padrões e tendências subjacentes, resultando em uma gestão e planejamento mais eficazes.

Comportamento da Série Temporal	
Descrição	Valor
Hipótese Nula	A série é Estacionária
ADF-Statistic	-19.162925411333717
P-Value	0.0
Número de lags	0
Número de Observações	364
Valores Críticos	1%: 3.983858492918219 5%: -3.422620677558916 10%: -3.13418338427965

Tabela 12.3: Comportamento Estacionário do Ano de 2009

12.6. Avaliação do Ano de 2010

Os resultados do Teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) para a série temporal de 2010 indicam que a série é estacionária. A estatística ADF obtida é -8.465886993034871, que é significativamente menor do que os valores críticos para todos os níveis de significância considerados (1%, 5% e 10%). Esses valores críticos são -3.9867250165057078 para 1%, -3.424002102034151 para 5% e -3.134994380293157 para 10%. A comparação com esses valores críticos mostra que a estatística ADF está bem abaixo deles, sugerindo uma forte evidência contra a hipótese nula de que a série possui uma raiz unitária.

O valor p associado ao teste é 6.009822318114538e-12, um valor extremamente pequeno. Em testes estatísticos, um valor p muito baixo indica fortes evidências contra a hipótese nula. Nesse caso, o valor p é muito menor do que qualquer nível de significância comum (como 0.05, 0.01, ou até 0.001), reforçando ainda mais a rejeição da hipótese nula. Portanto, temos fortes evidências de que a série temporal de 2010 não é não estacionária, confirmando a estacionaridade da série.

Com base na estatística ADF e no valor p, podemos afirmar com alto grau de confiança que a série temporal de 2010 é estacionária. Isso significa que suas propriedades estatísticas, como média e variância, permanecem constantes ao longo do tempo. A estacionaridade da série permite a aplicação eficaz de modelos estatísticos tradicionais que assumem estacionaridade, como o ARIMA, resultando em previsões mais precisas e análises mais robustas. A identificação de estacionaridade é crucial para uma análise temporal eficaz, permitindo um melhor entendimento dos padrões e tendências subjacentes na série temporal.

Comportamento da Série Temporal	
Descrição	Valor
Hipótese Nula	A série é Estacionária
ADF-Statistic	-8.465886993034871
P-Value	6.009822318114538e-12
Número de lags	2
Número de Observações	327
Valores Críticos	1%: -3.9867250165057078 5%: -3.424002102034151 10%: -3.134994380293157

Tabela 12.4: Comportamento Estacionário do Ano de 2010

12.7. Conclusões Sobre Estacionalidade

A análise de estacionaridade dos anos 2007, 2008, 2009 e 2010 revelou que todas as séries temporais desses anos são estacionárias. Os testes de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) para cada ano mostraram estatísticas ADF significativamente menores do que os valores críticos para todos os níveis de significância, acompanhados de valores p extremamente baixos. Esses resultados indicam uma forte rejeição da hipótese nula de que as séries possuem uma raiz unitária, confirmando a estacionaridade das séries.

Para 2007, a estatística ADF foi de -6.18037964493376 com um valor p de 9.104987801491588e-07, indicando claramente que a série é estacionária. Da mesma forma, a série de 2008 apresentou uma estatística ADF de -5.397641534763485 e um valor p de 3.6594711768301534e-05, reforçando a estacionaridade. Em 2009, a estatística ADF foi de -19.162925411333717 com um valor p de 0.0, demonstrando uma rejeição extremamente forte da hipótese nula. Finalmente, a série de 2010 teve uma estatística ADF de -8.465886993034871 e um valor p de 6.009822318114538e-12, confirmando também a estacionaridade.

A confirmação da estacionaridade dessas séries temporais implica que suas propriedades estatísticas, como média e variância, permanecem constantes ao longo do tempo. Isso permite a aplicação eficaz de modelos estatísticos tradicionais que assumem estacionaridade, como o ARIMA, para previsões e análises mais precisas.

A identificação de padrões consistentes ao longo dos anos facilita a compreensão das dinâmicas subjacentes no consumo de energia e melhora o planejamento e a gestão de recursos energéticos. Em resumo, a análise robusta e consistente dessas séries temporais estacionárias proporciona uma base sólida para decisões estratégicas e operacionais fundamentadas.