

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE
DO SUL, CÂMPUS PORTO ALEGRE
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

Arthur de Castro Fraga

Identificação dos eventos extremos de calor em Porto Alegre-RS entre 2010-2019
Trabalho de Conclusão de Curso

Porto Alegre, 23 de março de 2021

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE
DO SUL, CÂMPUS PORTO ALEGRE
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

Arthur de Castro Fraga

Identificação dos eventos extremos de calor em Porto Alegre-RS entre 2010-2019

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial para a obtenção do Diploma de Tecnólogo em Gestão Ambiental

Orientador(a): Renata Dias Silveira

Porto Alegre, 23 de março de 2021

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Cristiano e Sandra, pelo amor, pelo incentivo, pela dedicação, pela inspiração, pelo apoio, por todo o carinho e sermões que me fizeram ser essa pessoa. Agradeço por terem acreditado até o fim em 2017, lendo cada entrelinha dos editais de ingresso do IFRS, por ter ido ficar na fila de inscrição e todo esse esforço hoje resulta na realização de um sonho e de uma conquista que é nossa.

A minha parceira Victoria por todo amor, incentivo, apoio e paciência durante a minha caminhada para realização desse sonho.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Porto Alegre por todas as oportunidades de qualificação.

Ao grupo de docentes do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental que ensinaram com tanto carinho e dedicação durante toda minha graduação. Graças a família que o grupo de docentes da Gestão é eu posso dizer que o IFRS é minha segunda casa e que meu sonho é ser um professor assim como vocês.

A professora Renata Dias, a qual tenho orgulho de chamar de minha orientadora, por todo conhecimento, competência, disponibilidade, paciência, pelas oportunidades e parcerias durante a minha graduação, com certeza levarei todos teus ensinamentos para minha vida e para meus futuros alunos.

Ao professor Celson Canto por todo ensinamento, pela parceria, pela atenção e por acreditar meu potencial no primeiro mês de aula, me dando a oportunidade de ter o orgulho de ser um dos alunos fundadores do GAUPUC, pela oportunidade de poder ter minha primeira bolsa de extensão. Serei eternamente grato por tudo que fez por mim.

As minhas colegas e amigas Luana e Gabriela por toda paciência, dedicação, apoio, competência e principalmente pela parceria durante todos esses anos.

RESUMO

Eventos extremos de calor são fenômenos comuns na região Sul do Brasil, caracterizados como um período prolongado de calor excessivo, que representa elevados riscos a diversos segmentos da sociedade. Porto Alegre (RS) possui uma complexa rede urbana e alta densidade demográfica, que somadas às fragilidades naturais do território tornam a região vulnerável a eventos climáticos extremos. Esta pesquisa teve como objetivo realizar o levantamento e a análise de eventos extremos de calor em Porto Alegre entre 2010-2019 comparando os dados analisados com um estudo realizado em um período anterior (1992-2009). Para a identificação dos eventos, realizou-se um levantamento de dados diários das temperaturas máximas e mínimas. Utilizando a técnica dos quantis, foram identificados os *eventos de calor*: período de no mínimo 3 dias com temperatura máxima diária maior que o limite estabelecido para cada estação do ano e *supereventos de calor*: período de 3 ou mais dias em que, além da temperatura máxima, a temperatura mínima diária também é superior ao limite estabelecido. Após a análise dos resultados obtidos, fez-se uma comparação com os resultados do estudo realizado entre 1992-2009, que possibilitou verificar que houve um aumento de 10,5% na ocorrência de eventos de calor e um aumento de 13,6% em relação aos supereventos de calor entre 2000-2009 e 2010-2019, sendo possível observar uma tendência de aumento da temperatura mínima e máxima em Porto Alegre. Tendo em vista tais resultados, é notável a necessidade de um monitoramento efetivo dos eventos extremos de calor, devido ao risco que as altas temperaturas trazem para a população.

Palavras chaves: Eventos climáticos extremos, ondas de calor, risco climático, clima de Porto Alegre-RS.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Projeções do clima por região no ano, indicando mudanças projetadas e níveis de confiança.	13
Figura 2: Mapa da Região Metropolitana de Porto Alegre – RS.	17
Figura 3: Eventos e supereventos de calor por estação do ano em 2010, Porto Alegre-RS	21
Figura 4: Eventos e supereventos de calor por mês de 2010, Porto Alegre-RS	22
Figura 5: Média de duração dos eventos e supereventos de calor de 2010, Porto Alegre-RS	22
Figura 6: Eventos e supereventos de calor por estação do ano de 2011, Porto Alegre-RS	23
Figura 7: Eventos e supereventos de calor por mês de 2011, Porto Alegre- RS	24
Figura 8: Média de duração dos eventos e supereventos de calor de 2011, Porto Alegre-RS	24
Figura 9: Eventos e supereventos de calor por estação do ano de 2012, Porto Alegre-RS	25
Figura 10: Eventos e supereventos de calor por mês de 2012, Porto Alegre-RS	26
Figura 11: Média de duração dos eventos e supereventos de 2012, Porto Alegre-RS	26
Figura 12: Eventos e supereventos de calor por estação do ano de 2013, Porto Alegre-RS	27
Figura 13: Eventos e supereventos de calor por mês de 2013, Porto Alegre-RS	28
Figura 14: Média de duração dos eventos e supereventos de 2013, Porto Alegre-RS	28
Figura 15: Eventos e supereventos de calor por estação do ano de 2014, Porto Alegre-RS	29
Figura 16: Eventos e supereventos de calor por mês de 2014, Porto Alegre-RS	30
Figura 17: Média de duração dos eventos e supereventos de 2014, Porto Alegre-RS	30
Figura 18: Eventos e supereventos de calor por estação do ano de 2015, Porto Alegre-RS	31
Figura 19: Eventos e supereventos de calor por mês de 2015, Porto Alegre-RS	32
Figura 20: Média de duração dos eventos e supereventos de 2015, Porto Alegre-RS	32
Figura 21: Eventos e supereventos de calor por estação do ano de 2016, Porto Alegre-RS	33
Figura 22: Eventos e supereventos de calor por mês de 2016, Porto Alegre-RS	34
Figura 23: Média de duração dos eventos e supereventos de 2016, Porto Alegre-RS	34
Figura 24: Eventos e supereventos de calor por estação do ano de 2017, Porto Alegre-RS	35
Figura 25: Eventos e supereventos de calor por mês de 2017, Porto Alegre-RS	36
Figura 26: Média de duração dos eventos e supereventos de 2017, Porto Alegre-RS	36
Figura 27: Eventos e supereventos de calor por estação do ano de 2018 Porto Alegre-RS	37
Figura 28: Eventos e supereventos de calor por mês de 2018, Porto Alegre-RS	38
Figura 29: Média de duração dos eventos e supereventos de 2018, Porto Alegre-RS	38

Figura 30: Eventos e supereventos de calor por estação do ano de 2019 Porto Alegre-RS	39
Figura 31: Eventos e supereventos de calor por mês de 2019, Porto Alegre-RS	40
Figura 32: Média de duração dos eventos e supereventos de 2019, Porto Alegre-RS	38
Figura 33: Eventos e super eventos de calor por estação do ano de 2010 a 2019, Porto Alegre-RS	39
Figura 34: Eventos e supereventos de calor por mês de 2010 a 2019, Porto Alegre-RS	39
Figura 35: Eventos de calor por estação do ano de 2010 a 2019, Porto Alegre-RS	40
Figura 36: Supereventos de calor por estação do ano de 2010 a 2019, Porto Alegre-RS	40
Figura 37: Média de duração dos eventos e supereventos de 2010 a 2019, Porto Alegre-RS	41
Figura 38: Temperatura máxima média, média e mínima média por mês de 2010 a 2019, Porto Alegre-RS	41
Figura 39: Eventos e supereventos de calor por período de 1995 a 2019, Porto Alegre-RS	43
Figura 40: Duração dos eventos de calor em número de dias de 1992 a 2009, Porto Alegre-RS	44
Figura 41: Duração dos eventos de calor em nº de dias de 2010 a 2019, Porto Alegre-RS	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Os processos climáticos podem afetar a saúde da população.	13
Quadro 2: Limites dos eventos extremos de calor de Porto Alegre e por estação do ano.	18

SUMÁRIO

1.	Introdução	8
	1.2 Objetivos	10
2.	Fundamentação teórica	12
3.	Área de Estudo	16
4.	Materiais e métodos	18
5.	Resultados e Discussão	20
	5.1 Identificação dos eventos extremos de calor por ano	20
	5.2 Análise dos eventos extremos do período 2010-2019	40
	5.3 Comparação com período de 1992 a 2019	44
6.	Considerações Finais	48
7.	Referências bibliográficas	50

1. Introdução

Estudos como o “Our Future on Earth”, publicado em fevereiro de 2020 (FUTURE EARTH, 2020), alertam para um iminente colapso sistêmico global, derivado da combinação de fatores negativos relacionados ao meio ambiente e, principalmente, ao clima. Problemas de magnitude global, tais como as mudanças climáticas, os eventos climáticos extremos, a perda da biodiversidade, a insegurança alimentar e a crise hídrica, se combinados, são uma ameaça à existência da humanidade, caso continuem sendo tratados de forma isolada e sem a união de esforços em todas as esferas, o que é imprescindível para o enfrentamento de questões dessa magnitude.

Em termos de estratégias globais para o enfrentamento das mudanças climáticas, destaca-se o Acordo de Paris (2015), no qual os países signatários comprometem-se em adotar uma economia de baixo carbono até o fim deste século. O objetivo principal do Acordo é limitar o aumento da temperatura a 1,5°C. A meta do Brasil, através desse acordo, é reduzir as emissões de gases do efeito estufa em até 37% até 2025. (BRASIL, 2019).

No Brasil, existe desde 2008, o Plano Nacional sobre Mudança do Clima, que tem como objetivo incentivar ações que contribuam para a redução das emissões de gases de efeito estufa, e criar mecanismos para lidar com os impactos das mudanças climáticas. (BRASIL, 2020).E, numa perspectiva de integração entre as ações de combate aos impactos das mudanças climáticas, o Ministério da Saúde lançou, em 2012, o Plano Setorial da Saúde de Mitigação e de Adaptação às Mudanças do Clima, que visa compatibilizar as políticas públicas de saúde com a Política Nacional sobre Mudança do Clima. As ações previstas no Plano têm foco nos impactos diretos e indiretos da mudança do clima sobre a saúde humana, como as doenças transmissíveis por vetores, transmissão hídrica e alimentar, infecciosas, desastres de origem natural e doenças não transmissíveis relacionadas a temperaturas extremas, poluição atmosférica e exposição à radiação solar. (BRASIL,2019).

A combinação de fatores relacionados ao clima e ao relevo, somados à ocupação desordenada e à falta de investimentos em prevenção e gestão de riscos, fazem com que o território brasileiro seja constantemente afetado por eventos meteorológicos e geológicos. Eventos extremos tais como deslizamentos, inundações, alagamentos e estiagens causam grandes impactos, especialmente em áreas urbanas, resultando em perdas humanas e materiais e ocasionando prejuízos econômicos em escala local e regional.

A criação da Política Nacional de Prevenção de Desastres (BRASIL, 2012) foi um avanço em termos de gestão de riscos e de planejamento territorial. Dentre os objetivos principais dessa Política estão a redução dos riscos de desastres, assistência à população, e recuperação das áreas afetadas; a partir do monitoramento dos riscos geológicos, hidrológicos, meteorológicos e de outras naturezas; e de elementos de gestão territorial, planejamento de políticas setoriais e criação de sistemas de alerta.

Eventos extremos de temperatura, tais como as ondas de calor e de frio nem sempre impactam na economia de forma direta, porém são eventos que afetam significativamente a qualidade de vida e a saúde da população. Ao levar em conta a desigualdade social presente na sociedade brasileira, os impactos desses eventos tornam-se ainda mais relevantes uma vez que, conforme Silveira (2014), a vulnerabilidade aos extremos climáticos está relacionada à situação socioeconômica, ou seja, as classes sociais menos favorecidas sentem os efeitos desses extremos climáticos de forma mais intensa.

Segundo Mandú (2020), as ondas de calor (OC) são caracterizadas como um período prolongado de calor excessivo e trata-se de evento climático extremo que representa elevados riscos a diversos segmentos da sociedade. Eventos extremos de calor são fenômenos comuns especialmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. De forma geral a caracterização leva em conta a ocorrência de uma sequência de dias consecutivos cujos valores de temperatura do ar encontram-se acima dos valores esperados para a mesma região e para mesma época do ano (GEIRINHAS, 2016). Conforme afirma Geirinhas (2016), o contraste de temperatura entre os centros urbanos e a periferia contribui para a intensificação desses eventos, principalmente nos grandes centros urbanos. Segundo Jenerette et al. (2006) *apud* Bitencourt (2016), em ambientes urbanos são bastante claras as associações entre a temperatura do ar e as condições específicas dos bairros, tais como a economia, a densidade populacional e a taxa da área coberta por vegetação. Sabe-se, ainda, que as pessoas mais suscetíveis às ondas de calor são as crianças, os idosos e os adultos não saudáveis. Além disso, o potencial de risco é ainda maior para as populações de maior vulnerabilidade social.

Diante do exposto, o presente trabalho pretende analisar a ocorrência dos eventos extremos de calor em Porto Alegre-RS ao longo do período 2010-2019, tendo como subsídio o estudo realizado, no período anterior, por Silveira (2014). Será possível, assim, verificar se houve alteração no número de episódios e na magnitude desses.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste estudo é identificar e analisar os eventos extremos de calor em Porto Alegre, entre 2010-2019. São objetivos específicos:(i) conhecer as características dos eventos extremos de calor: número de ocorrências, tempo de duração, temperatura máxima e mínima durante o evento, período do ano de maior ocorrência, ano(s) de maior e menor ocorrência; (ii) comparar a ocorrência de eventos de calor do período 2010-2019 com o período 1992-2009.

2. Fundamentação teórica

De acordo com Penereiro (2018), em 2014, o quinto relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas - IPCC aponta que o aumento da temperatura atmosférica é evidente e desde a década de 1970 são observadas variações nos padrões climáticos globais. Conforme afirma Penereiro (2018), a temperatura média da atmosfera tem aumentado em quase todo o planeta, com acréscimos de até 2,5°C no período de 1901 a 2012 no sul da América do Sul, no norte da África, na região central do continente asiático e no norte da América do Norte. Aumentos na precipitação anual de até 50 mm.ano⁻¹. Década⁻¹ foram observados no sul da América do Sul, no norte da Austrália, na Europa e no sul da América do Norte. Tendências negativas nessa variável foram observadas na África, no sul do continente asiático e no sul europeu, com diminuição de 5 a 50 mm.ano⁻¹. Década⁻¹

Segundo Marengo (2014), as projeções indicam o aumento da temperatura e de extremos de calor para todo o Brasil, causando um aumento da temperatura mínima, principalmente nos estados do Sudeste, Sul e Centro-oeste, ocasionando a redução na frequência de geadas, aumento dos extremos de chuva nas regiões Sudeste e Sul e aumento na frequência e intensidade de dias secos consecutivos no leste da Amazônia e no nordeste (Figura 1).

PROJEÇÕES DO CLIMA POR REGIÃO NO ANO, INDICANDO MUDANÇAS PROJETADAS E NÍVEIS DE CONFIANÇA

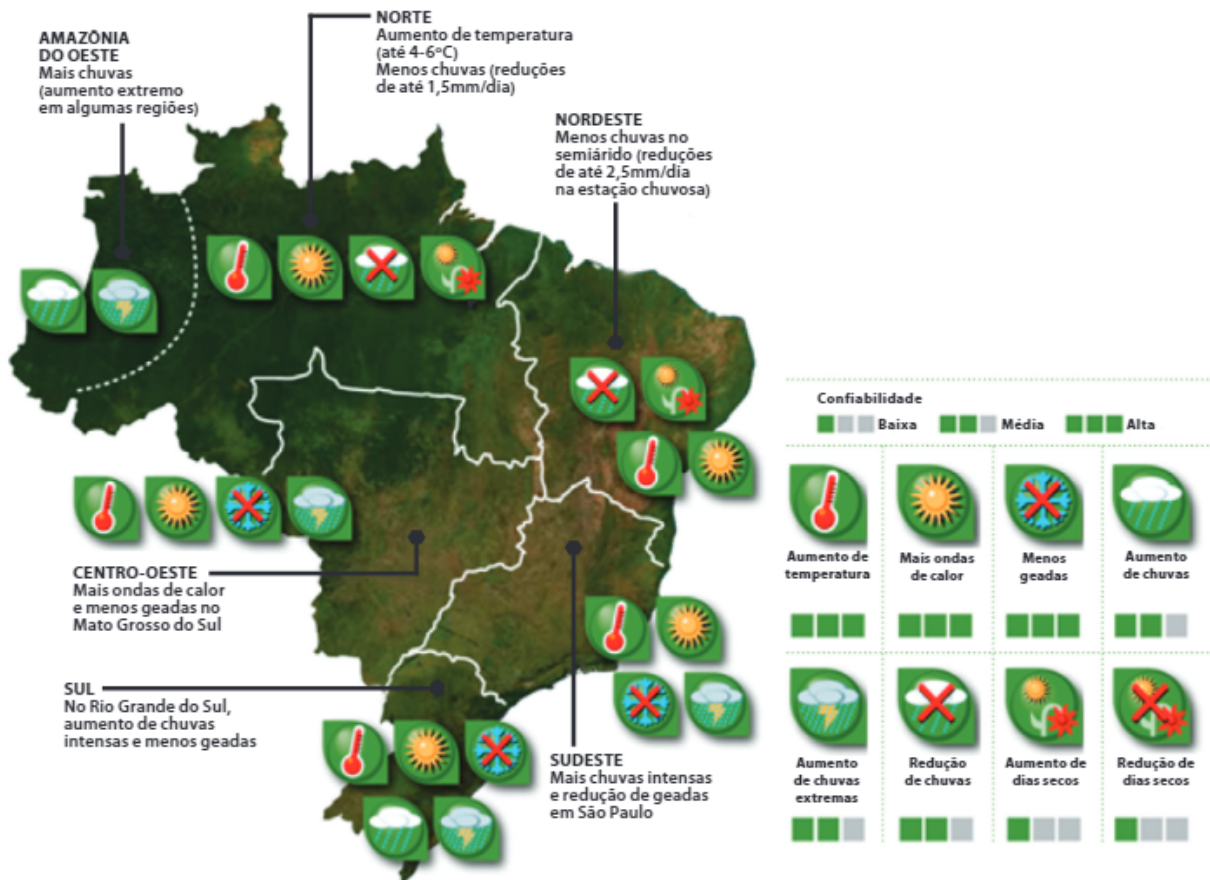


Figura 1: Projeções do clima por região no ano, indicando mudanças projetadas e níveis de confiança.

Fonte: Marengo, 2014 Apud Inpe; Margulis e Dubeux, 2010

Segundo Confalonieri (2007), o 4º relatório do IPCC (2007) identificou trabalhos no continente europeu sobre os efeitos dos impactos das mudanças climáticas na saúde. Alguns efeitos observados foram: aumento da morbidade e mortalidade por ondas de calor, com destaque para o episódio no verão europeu de 2003, que provocou cerca de 30.000 óbitos; aumento da morbi-mortalidade causada por eventos climáticos extremos, tais como tempestades, inundações, ondas de calor, secas e suas consequências, como incêndios florestais; e aumento na incidência de doenças cardiovasculares e respiratórias, como consequência do aumento da concentração de poluentes atmosféricos (especialmente o ozônio troposférico) em grandes aglomerados urbanos já poluídos.

Segundo Confalonieri & Menne (2007), o 4º relatório do IPCC (2007) indicou que os processos climáticos podem afetar a saúde da população através de três principais mecanismos, conforme o quadro a seguir (Quadro 1):

Quadro 1: Os processos climáticos podem afetar a saúde da população.

Efeitos dos processos climáticos	Consequências
Efeitos diretos dos eventos climáticos extremos.	afetam a saúde através de influências sobre a fisiologia humana ou provocando traumas físicos e psicológicos em acidentes, como em tempestades, inundações e secas.
Efeitos sobre o meio ambiente alterando fatores determinantes da saúde humana.	Exemplos mais relevantes são efeitos do clima afetando a produção de alimentos, a qualidade da água e do ar.
Efeitos dos eventos climáticos sobre os processos sociais determinando rupturas socioeconômicas, culturais e demográficas importantes.	Um exemplo é a migração devido a secas prolongadas.

Fonte: Autor

As condições climáticas interferem nos setores da economia, como a indústria, o comércio e o turismo. Episódios de temperaturas extremas, por exemplo, podem ser favoráveis ao movimentar determinados segmentos desses setores que, uma vez preparados para atender a demanda, impulsionam a economia de um dado local ou região. Por outro lado, eventos adversos podem prejudicar a atividade turística e trazer prejuízos na produção industrial e no comércio ao dificultar a circulação de pessoas e/ou trazer prejuízos materiais, como no caso de eventos de precipitação extrema (SILVEIRA, 2014). Além disso, o clima influencia a pecuária, pois fatores como a disponibilidade de forragem e, até mesmo, as funções físicas dos animais são dependentes do tempo atmosférico. Em condições de seca, por exemplo, a quantidade e qualidade dos pastos e a disponibilidade de água são prejudicados, influenciando, com isso, negativamente na produção de leite e carne (AYOADE, 1986 *apud* SILVEIRA, 2014).

De acordo com Rossato (2011), o estado do Rio Grande do Sul situa-se em área de domínio do Clima subtropical, subdividido em quatro tipos principais: Subtropical I: Pouco Úmido

(Subtropical Ia Pouco Úmido com Inverno Frio e Verão Fresco, e Subtropical Ib Pouco Úmido com Inverno Frio e Verão Quente); Subtropical II: Medianamente Úmido com Variação Longitudinal das Temperaturas Médias; Subtropical III:Úmido com Variação Longitudinal das Temperaturas Médias; e Subtropical IV Muito Úmido (Subtropical IVa Muito Úmido com Inverno Fresco e Verão Quente, e Subtropical IVb– Muito Úmido com Inverno Frio e Verão Fresco).

Segundo Sartori (2003), a participação de Sistemas Atmosféricos Extratropicais (massas e frentes polares) e Intertropicais (massas tropicais e Correntes Perturbadas) refletem no clima do Rio Grande do Sul, dada sua localização em zona de transição, proporcionando, também, a distribuição mensal e anual das chuvas. A gênese do clima e dos fatores dinâmicos determinam e controlam a definição e a sucessão dos tipos de tempo, e os fatores geográficos regionais (altitude, relevo, continentalidade e vegetação) são responsáveis apenas por variações dos valores dos elementos climáticos.

Bitencourt (2015), analisou ondas de calor entre 1961 e 2014 no território brasileiro, utilizando os extremos de temperatura máxima diária, considerando duração mínima de 3 dias, abrangência espacial (mínimo de 50% da área) e intensidade (limite superior ao terceiro quartil) em 3 grandes áreas do Brasil, duas ao norte e uma ao sul de 15° S de latitude. Foram identificadas 11 ondas de calor na área de número 1 (aproximadamente a metade da região Centro-Oeste e quase toda a região Norte), 23 ondas de calor na área número 2 (pequena parte das regiões Norte e Centro-Oeste e quase toda região Nordeste) e 31 ondas de calor na área número 3 (pequena parte da região Nordeste, aproximadamente metade da região Centro-Oeste e as regiões Sudeste e Sul).

Silveira (2014) analisou, utilizando a técnica dos quantis, a ocorrência de eventos extremos de calor e de frio no Rio Grande do Sul entre 1992 e 2009. Definiu-se como eventos de calor aqueles episódios onde a temperatura máxima ultrapassou o limite estabelecido para aquela localidade por, pelo menos, três dias. Quando o episódio também foi acompanhado pela elevação da temperatura mínima, o evento foi denominado superevento de calor. Foi constatado que os eventos de calor foram mais frequentes no outono e no inverno. Ao mesmo tempo, observou-se a ampliação da ocorrência de episódios de calor e redução dos episódios de frio na maior parte das localidades analisadas, no segundo período (2001-2009) em comparação ao primeiro (1992-2000). Observou-se que, embora a duração principal dos eventos de calor fosse de três dias, todas as localidades analisadas registraram episódios com

duração de até 8 dias. Houve registro, ainda, de episódios com mais de 10 dias em algumas localidades (SILVEIRA, 2014).

Dentre os impactos negativos relacionados aos eventos de calor no território gaúcho destacados por Silveira (2014) estão o aumento da demanda por água; o prejuízo ao abastecimento humano; o prejuízo às atividades primárias; o aumento do consumo, sobrecarga, interrupção no fornecimento e danos à rede de energia elétrica e de telecomunicações; e o prejuízo à produção de energia hidrelétrica. Por outro lado, episódios de calor favoreceram significativamente determinados setores do comércio, dos serviços e da indústria, além do turismo e lazer.

Firpo (2008), analisou, entre os anos de 1967 a 2005, os dados de 13 estações meteorológicas do Rio Grande do Sul sobre ocorrência de ondas de frio e calor e suas relações com El Niño e La Niña, utilizando a técnica dos quantis. Observou-se que as ondas de frio e de calor ocorrem mais no inverno, porém, nas ondas de frio, há uma homogeneidade quanto à sua distribuição no Estado. Já a distribuição das ondas de calor é heterogênea, uma vez que essas ondas ocorrem mais ao norte do Estado.

Utilizando dados diários de temperaturas mínimas e máximas de 13 estações meteorológicas entre 1961 e 2005, Costa (2008) analisou as tendências temporais de índices climáticos derivados das temperaturas mínimas e máximas para o Rio Grande do Sul. Os resultados mostraram que as ondas de calor das temperaturas mínimas e máximas aumentaram significativamente no Extremo Norte e Extremo Leste. As temperaturas mínimas aumentaram expressivamente no Extremo Norte, Noroeste e Sudeste do Estado. Uma das possíveis causas desse aumento de temperatura mínima está relacionado ao adicionamento de vapor d'água na atmosfera. Na maior parte do Estado, as ondas de frio da temperatura mínima aumentaram, enquanto as da temperatura máxima reduziram, exceto no inverno.

Com o intuito de caracterizar e estudar as ondas de calor na cidade de Porto Alegre (RS) no período de 1961 a 2010, Cardia (2010) utilizou dados de temperatura máxima e mínima, coletados pelo 8º Distrito de Meteorologia, e analisando estatisticamente os dados através do método da regressão simples para caracterizar tendências dos eventos. O autor verificou 43 eventos em 50 anos de observação, contabilizando 60% de frequência.

3. Área de Estudo

Conforme indica o último Censo IBGE (2010), o município de Porto Alegre (Figura 1) está localizado entre as coordenadas 30° 01' 58" S e 51° 13' 48" O, às margens do lago Guaíba, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Representa uma área de transição entre a Depressão Central, a Planície Costeira e o Planalto Sul-Riograndense. Apresenta uma área de 496,8 km², o que representa cerca de 0,18% da área do estado, e possui aproximadamente 1,49 milhão de habitantes, cerca de 13% da população do estado (RIO GRANDE DO SUL, 2020), formando uma complexa rede urbana.

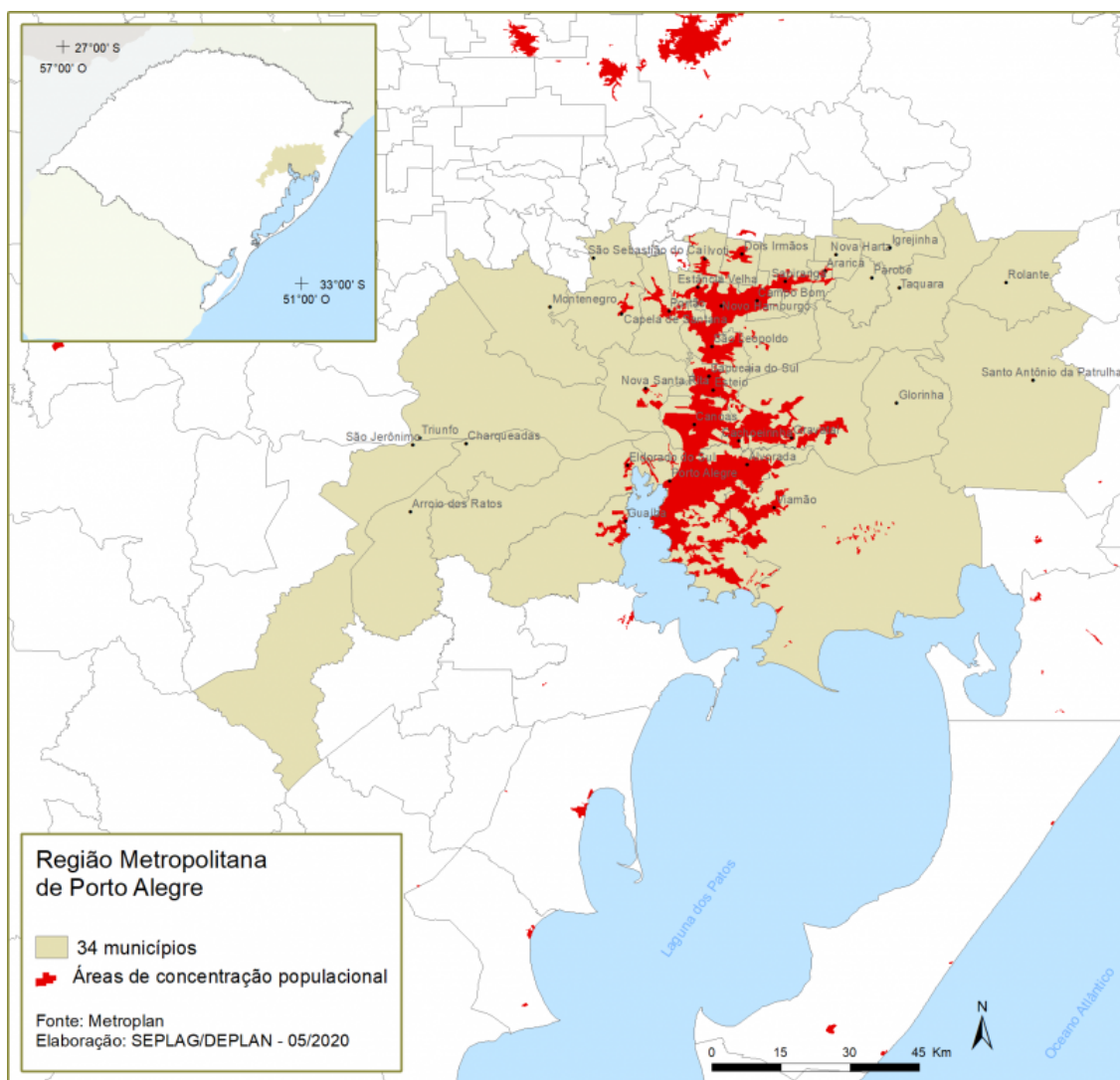


Figura 2: Mapa da Região Metropolitana de Porto Alegre – RS.
Fonte: RIO GRANDE DO SUL (2020)

O município encontra-se na área de domínio do Clima subtropical III: Úmido com Variação Longitudinal das Temperaturas Médias, a qual é uma área com menor influência dos sistemas polares e maior interferência dos sistemas tropicais conjugados com efeito do relevo (escarpa e vales da borda do planalto basáltico), da continentalidade, maritimidade e das áreas

urbanizadas (ROSSATO, 2011). É a região com o conjunto de médias de temperaturas mais alto do estado, onde a temperatura média anual varia entre 20-23°C – temperatura média do mês mais frio oscila entre 14-17°C e do mês mais quente varia entre 23-29°C – e os sistemas frontais são responsáveis pela maior parte das precipitações (ROSSATO, 2011).

De acordo com Xavier (2013), estudos mostram que Porto Alegre, há alguns anos, tem se inserido em um contexto de reestruturação metropolitana, consolidando sua transformação em uma cidade mundial, caracterizada pelo modelo de gestão empresarial do espaço urbano, o qual atende, essencialmente, aos interesses do capital imobiliário e comercial. As fragilidades naturais do território, em conjunto com a falta de planejamento urbano, tornam a região vulnerável a eventos meteorológicos tais como ondas de calor e de frio, episódios de precipitação extrema e estiagens. Aliando-se a isso, sua alta densidade demográfica amplia as probabilidades de prejuízos à saúde humana e estruturas urbanas.

4. Materiais e métodos

Para alcançar os objetivos propostos, a metodologia do presente foi dividida em 4 etapas:

Na primeira etapa da pesquisa foram buscadas referências acerca de conceitos e métodos relacionados a estudos sobre eventos extremos de calor no Brasil. Também foram levantados os principais estudos relacionados a esse fenômeno no Rio Grande do Sul, procurando dar subsídios à pesquisa a ser realizada.

Para a segunda etapa, foi feito um levantamento de dados meteorológicos sobre as temperaturas máximas e mínimas diárias na estação meteorológica convencional de Porto Alegre (Inmet).

Na terceira etapa foram feitas as análises dos dados utilizando a técnica dos quantis para definição dos episódios extremos de calor. Foram identificados os *eventos extremos de calor(Q90)*: período de no mínimo 3 dias com temperatura máxima diária maior que o limite estabelecido e *supereventos de calor(Q10)*: período de 3 dias ou mais em que além da temperatura máxima a temperatura mínima diária também é superior ao limite estabelecido (quadro 2). Os limites utilizados foram os mesmos definidos por Silveira (2014), que definiu limites diferentes para cada estação do ano e para cada localidade do Rio Grande do Sul.

Quadro 2: Limites dos eventos extremos de calor de Porto Alegre e por estação do ano.

LIMITES EVENTOS EXTREMOS - PORTO ALEGRE-RS		
Verão	Evento (Q90) temp.máx.≥	34°C
	Superevento (Q10) temp. mín ≥	23°C
Outono	Evento (Q90) temp.máx.≥	29°C
	Superevento (Q10) temp. mín ≥	19°C
Inverno	Evento (Q90) temp.máx.≥	28°C
	Superevento (Q10) temp. mín ≥	16,5°C
Primavera	Evento (Q90) temp.máx.≥	33°C
	Superevento (Q10) temp. mín ≥	21°C

Fonte: SILVEIRA, 2014. Org.: FRAGA, A.C.

Após o levantamento dos episódios de eventos e supereventos de calor utilizando a técnica dos quantis, foram gerados gráficos sobre os eventos e supereventos de calor por mês, estação, ano e a média de duração de cada evento.

Na quarta etapa, foram feitas comparações entre as ocorrências de eventos de calor do período 2010-2019 com as ocorrências registradas no estudo realizado por Silveira (2014), que

analisou, utilizando a técnica dos quantis, a ocorrência de eventos extremos de calor e de frio no Rio Grande do Sul entre 1992 e 2009. Para melhor visualizar a variação da ocorrência de eventos ao longo dos períodos foram elaborados gráficos de barras com os números de ocorrências de eventos e supereventos de calor, considerando os seguintes intervalos: 1995-1999; 2000-2004; 2005-2009; 2010-2014; 2015-2019. Foram, também, construídos gráficos com as médias de duração de evento de cada período (1992-2009; 2010-2019).

5. Resultados e Discussão

Os resultados foram separados em três subitens: (5.1) identificação dos eventos extremos de calor por ano; (5.2) análise dos eventos extremos do período 2010-2019; e (5.3) comparação com período de 1992 a 2019.

5.1 Identificação dos eventos extremos de calor por ano

Em 2010, foram registrados 7 eventos de calor. As ocorrências foram registradas principalmente no mês de fevereiro, mas também houve registros nos meses de março, abril e agosto, durante verão e outono, principalmente, e também no inverno. Os eventos de calor tiveram uma duração de 31 dias, tendo uma média de 4 dias de duração. Foram registrados 2 supereventos de calor no mês de fevereiro, durante o verão. Os supereventos tiveram uma duração de 10 dias, tendo uma média de 5 dias de duração. (figuras 3, 4 e 5)

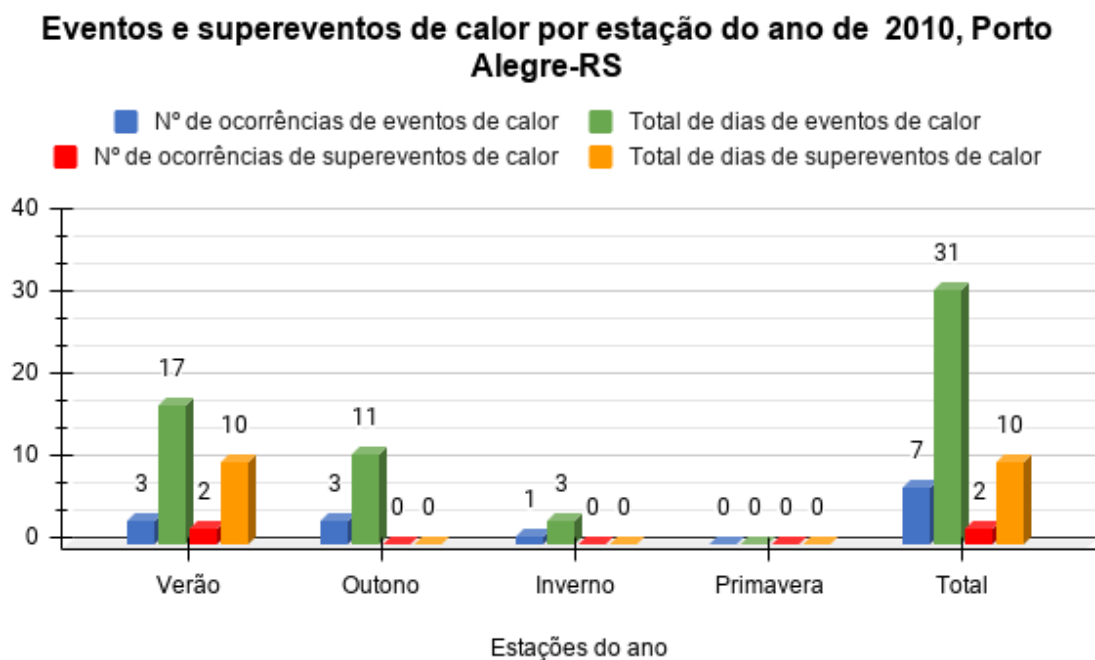


Figura 3: Eventos e supereventos de calor por estação do ano em 2010, Porto Alegre-RS
Fonte: Autor

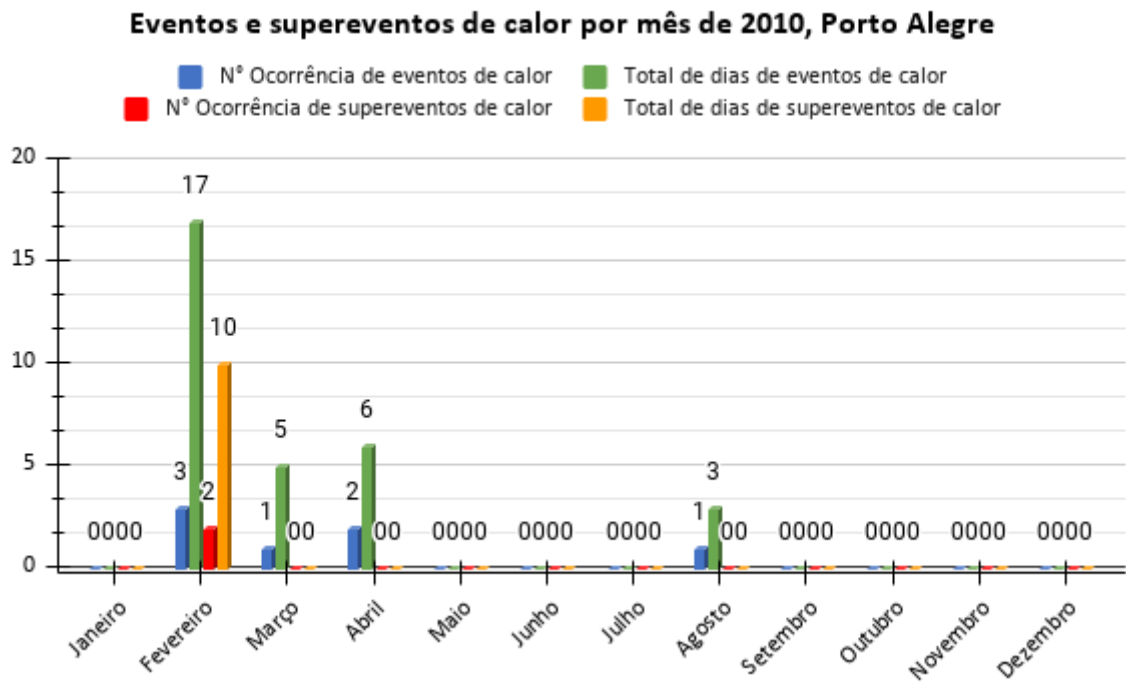


Figura 4: Eventos e supereventos de calor por mês de 2010, Porto Alegre-RS
Fonte: Autor

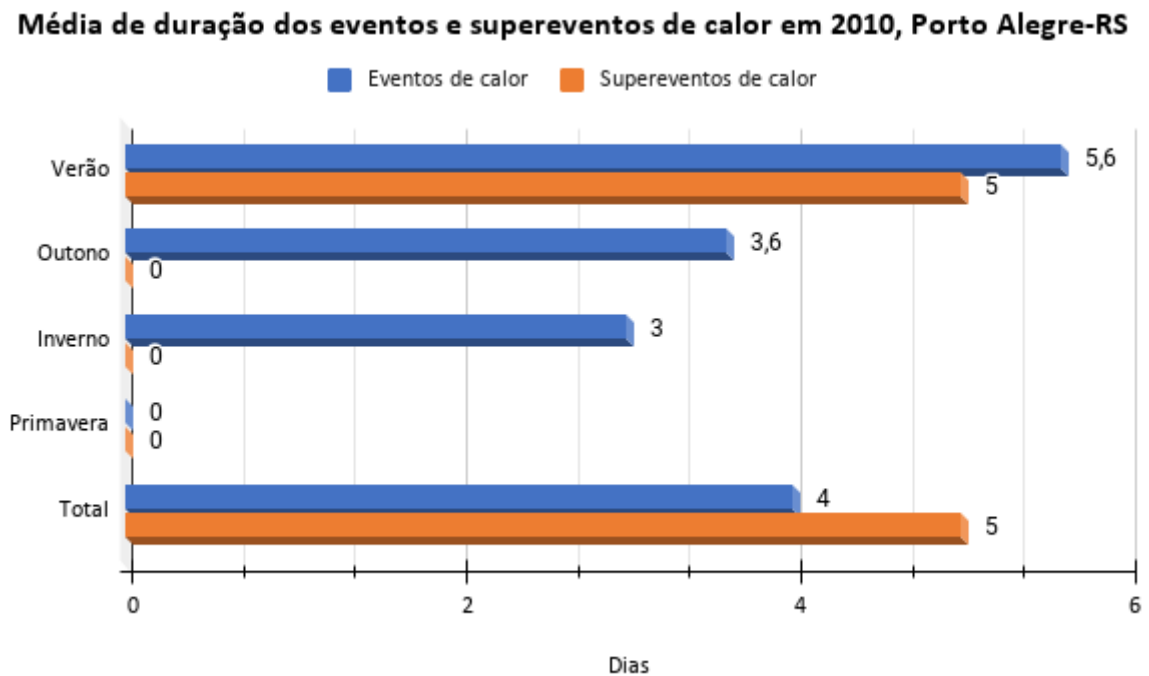


Figura 5: Média de duração dos eventos e supereventos de calor de 2010, Porto Alegre-RS
Fonte: Autor

Em 2011, foram registrados 4 eventos de calor, que ocorreram nos meses de janeiro, março, novembro e dezembro, durante o verão, outono e, principalmente, na primavera. Os eventos de calor tiveram uma duração de 14 dias, tendo uma média de duração de 3,5 dias. Não foram registrados supereventos de calor durante este período. (figuras 6, 7 e 8)

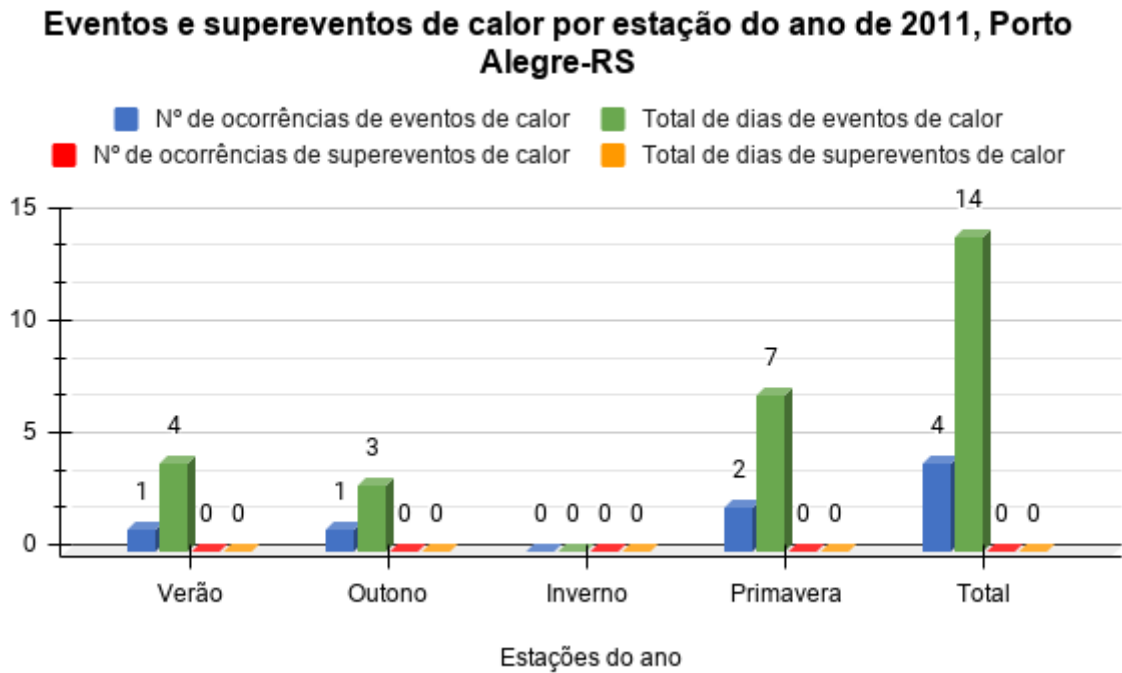


Figura 6: Eventos e supereventos de calor por estação do ano de 2011, Porto Alegre-RS
Fonte: Autor

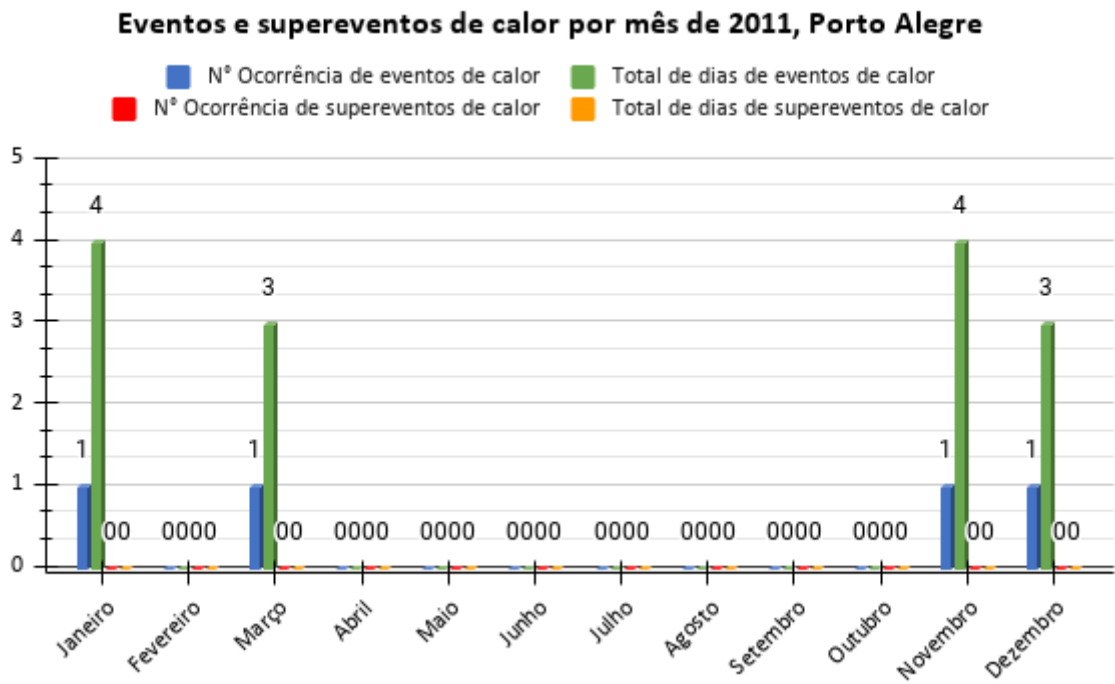


Figura 7: Eventos e supereventos de calor por mês de 2011, Porto Alegre- RS
 Fonte: Autor

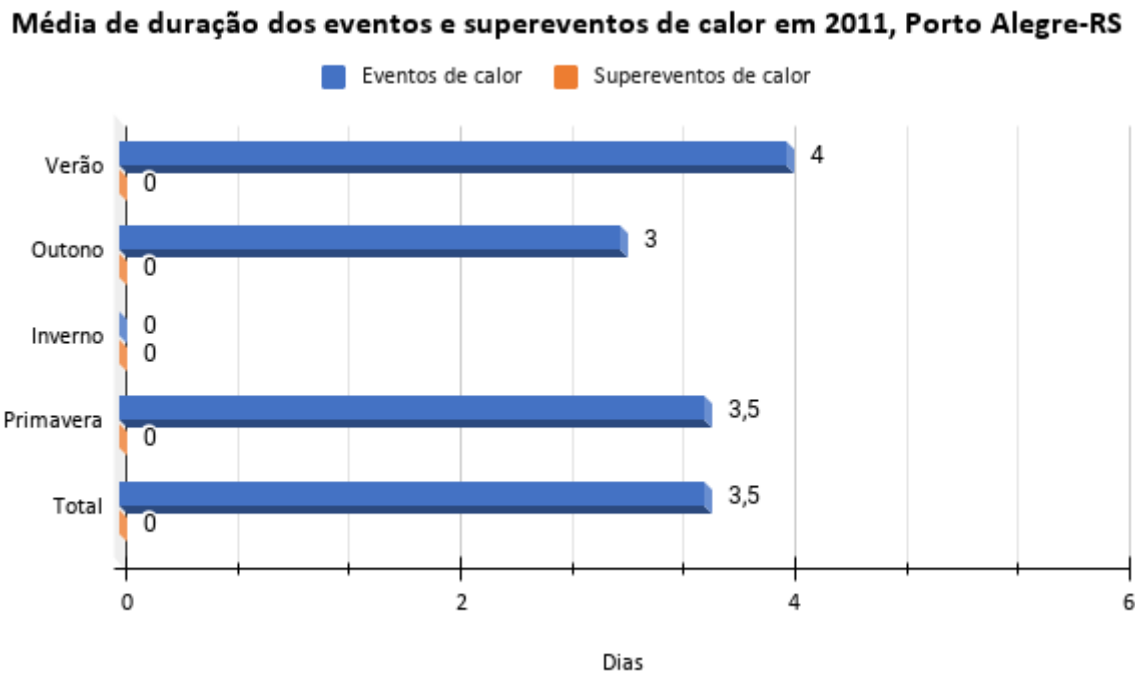


Figura 8: Média de duração dos eventos e supereventos de calor de 2011, Porto Alegre-RS
 Fonte: Autor

O ano de 2012 foi o de maior número de eventos extremos de calor. Foram registrados 12 eventos de calor, que ocorreram principalmente nos meses de fevereiro, março e agosto, mas também foram registrados nos meses de janeiro, abril, novembro e dezembro. Durante o verão houve uma predominância dos eventos de calor, mas que também foram registrados no outono, inverno e primavera. Os eventos de calor tiveram uma duração de 59 dias, tendo uma média de duração de 4,8 dias. Foram registrados 5 supereventos de calor, principalmente nos meses de fevereiro e agosto, mas também com ocorrência registrada durante o mês de dezembro. As ocorrências predominaram durante o verão e o inverno, com registros ocorrendo também na primavera. Os supereventos tiveram 20 dias de duração, tendo uma média de duração de 4 dias. (figura 9, 10 e 11)

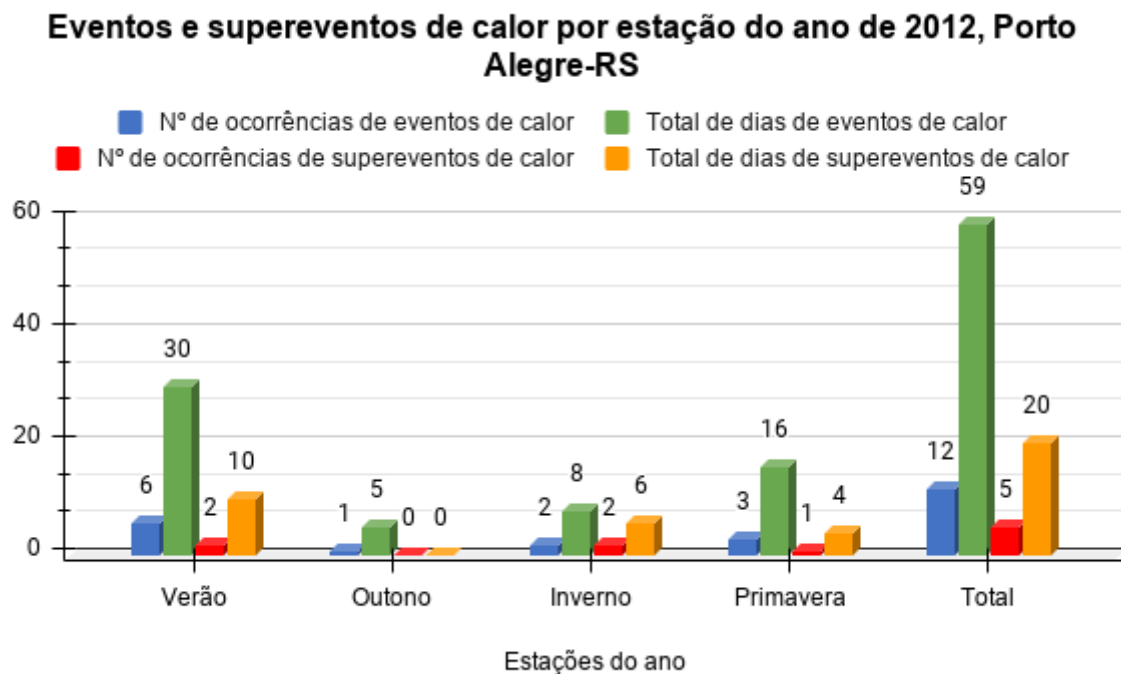


Figura 9: Eventos e supereventos de calor por estação do ano de 2012, Porto Alegre-RS
 Fonte: Autor

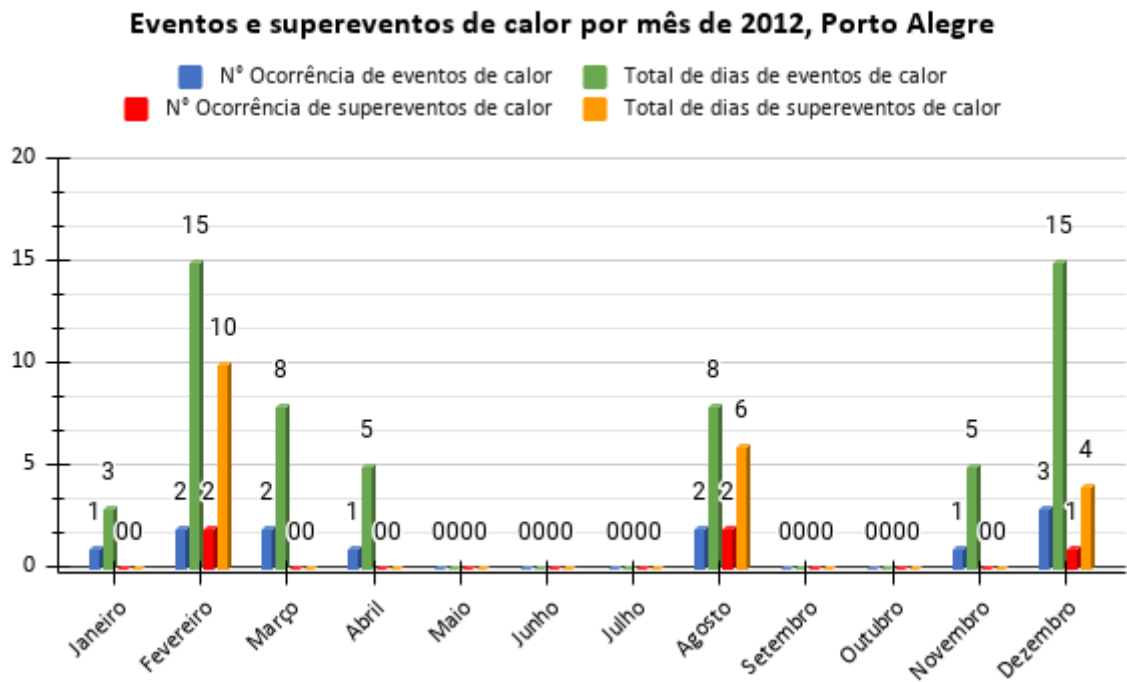


Figura 10: Eventos e supereventos de calor por mês de 2012, Porto Alegre-RS
 Fonte: Autor

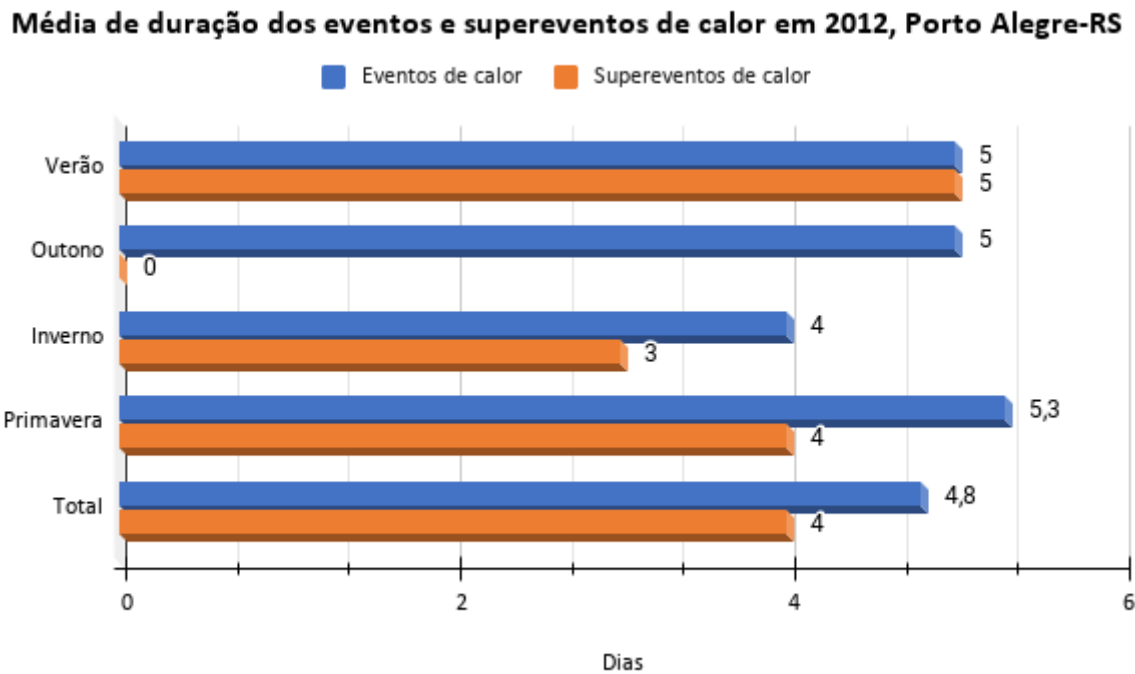


Figura 11: Média de duração dos eventos e supereventos de 2012, Porto Alegre-RS
 Fonte: Autor

Em 2013, foram registrados 3 eventos de calor, nos meses de janeiro, setembro e dezembro. Os eventos ocorreram principalmente no verão, mas também foi feito o registro de evento no inverno. Os eventos de calor tiveram uma duração de 14 dias, tendo uma média de duração de 4,7 dias por evento. Foram registrados 2 supereventos de calor, que ocorreram nos meses de setembro e dezembro, durante o verão e o inverno. Os supereventos tiveram uma duração de 7 dias, uma média de duração de 3,5 dias por superevento. (figuras 12, 13 e 14)

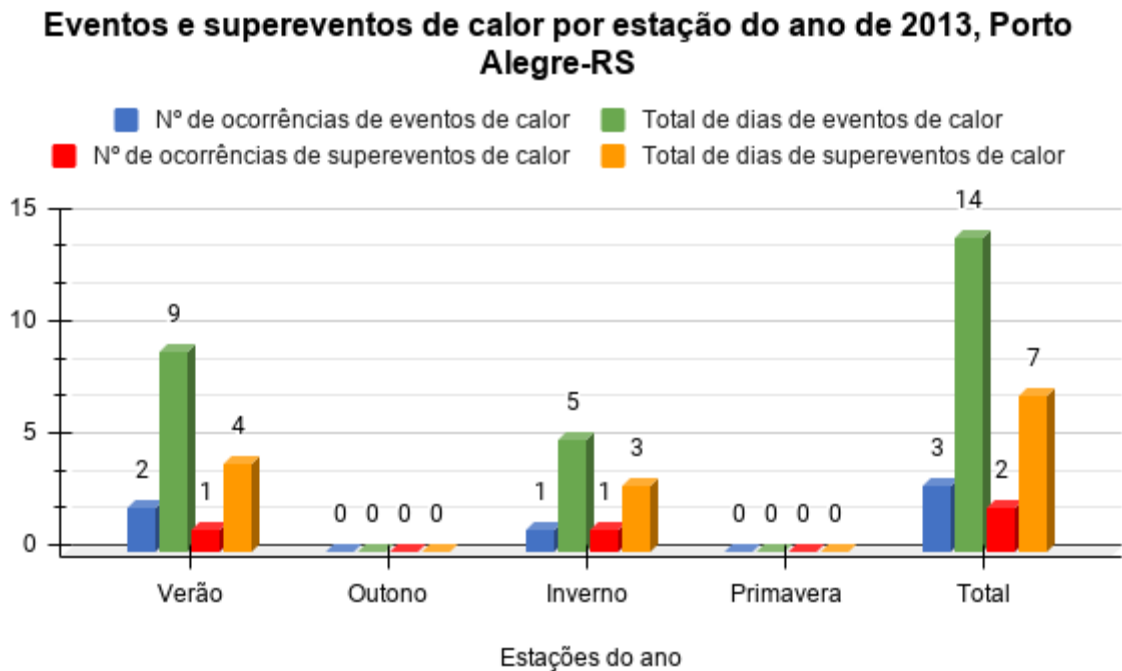


Figura 12: Eventos e supereventos de calor por estação do ano de 2013, Porto Alegre-RS
Fonte: Autor

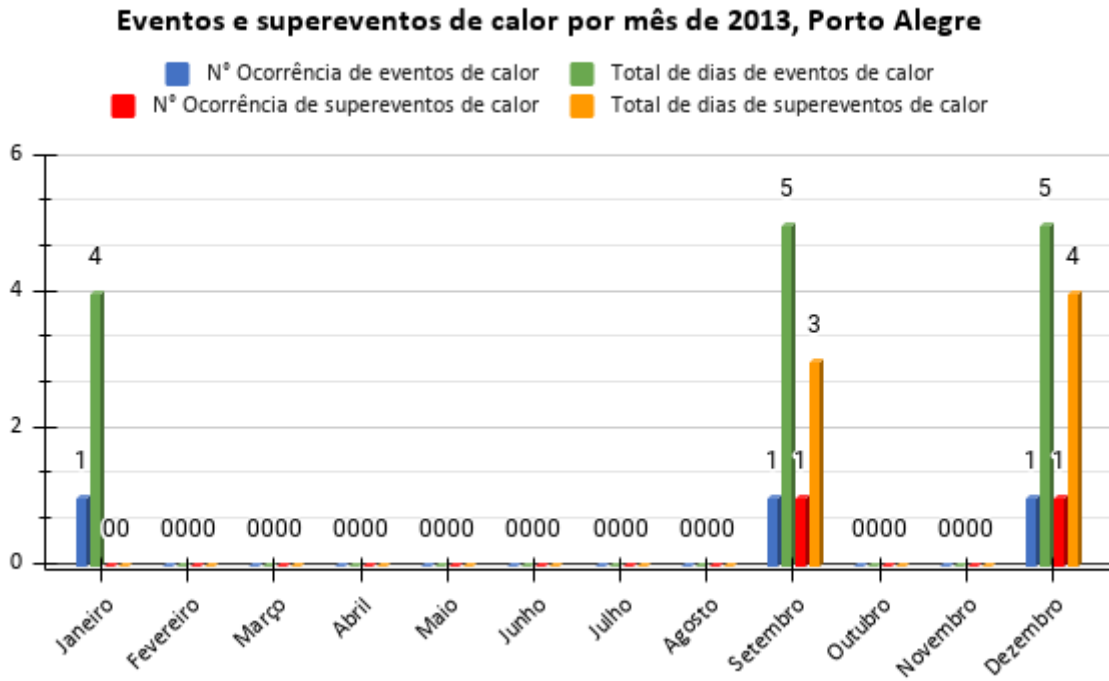


Figura 13: Eventos e supereventos de calor por mês de 2013, Porto Alegre-RS
 Fonte: Autor

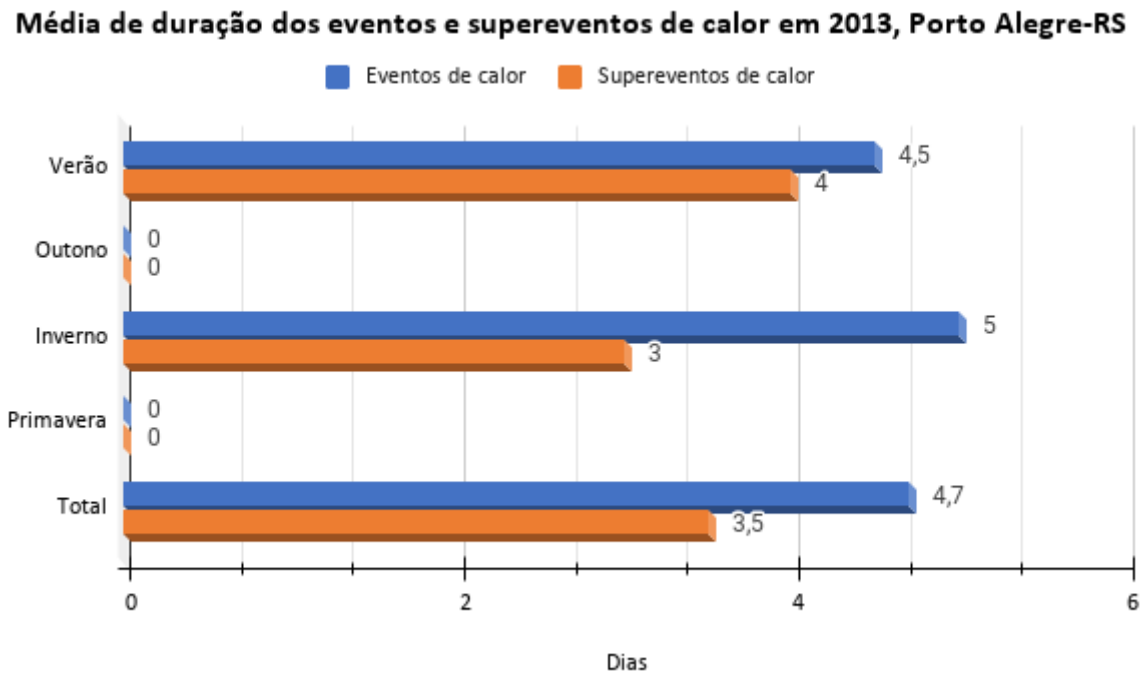


Figura 14: Média de duração dos eventos e supereventos de 2013, Porto Alegre-RS
 Fonte: Autor

Em 2014, foram registrados 6 eventos de calor, que ocorreram principalmente no mês de janeiro, também foram registrados eventos nos meses de fevereiro, março, abril e agosto. O verão foi a estação predominante dos eventos, que também foram registrados no outono e inverno. Os eventos de calor tiveram duração de 39 dias, uma média de duração de 5,6 dias por evento. Foram registrados 5 supereventos de calor, que ocorreram principalmente em janeiro, também foram registrados supereventos nos meses de fevereiro, março e abril. Os supereventos ocorreram principalmente no verão e no outono. Os supereventos de calor tiveram duração de 19, uma média de duração de 3,7 dias por supereventos de calor.

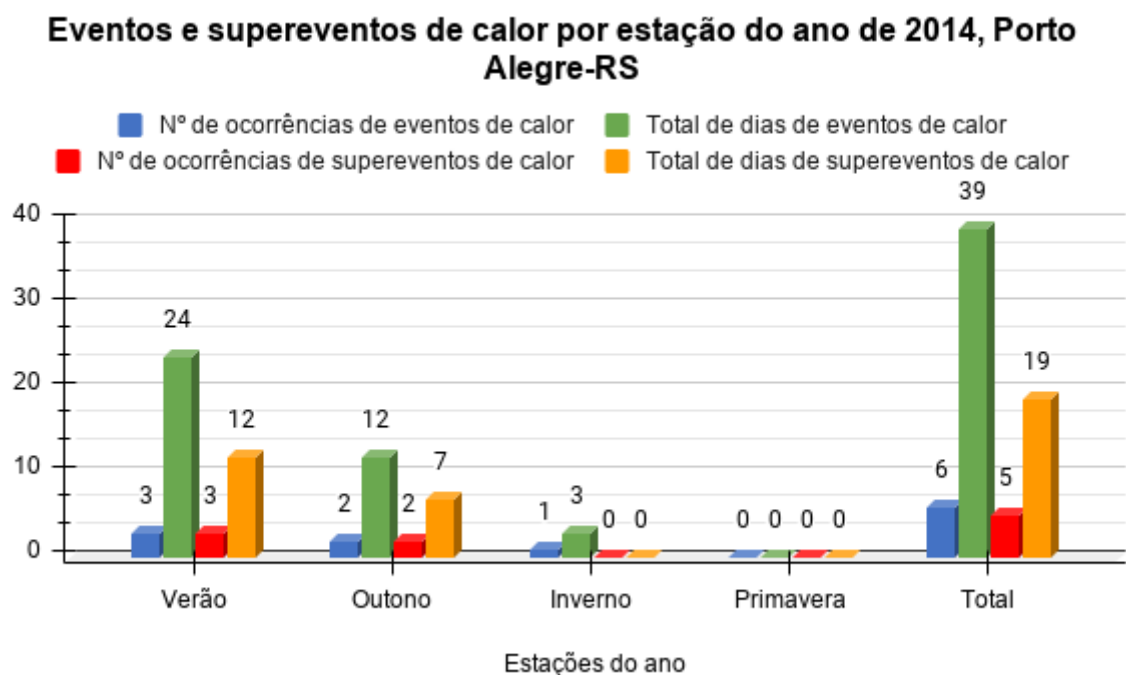


Figura 15: Eventos e supereventos de calor por estação do ano de 2014, Porto Alegre-RS
 Fonte: Autor

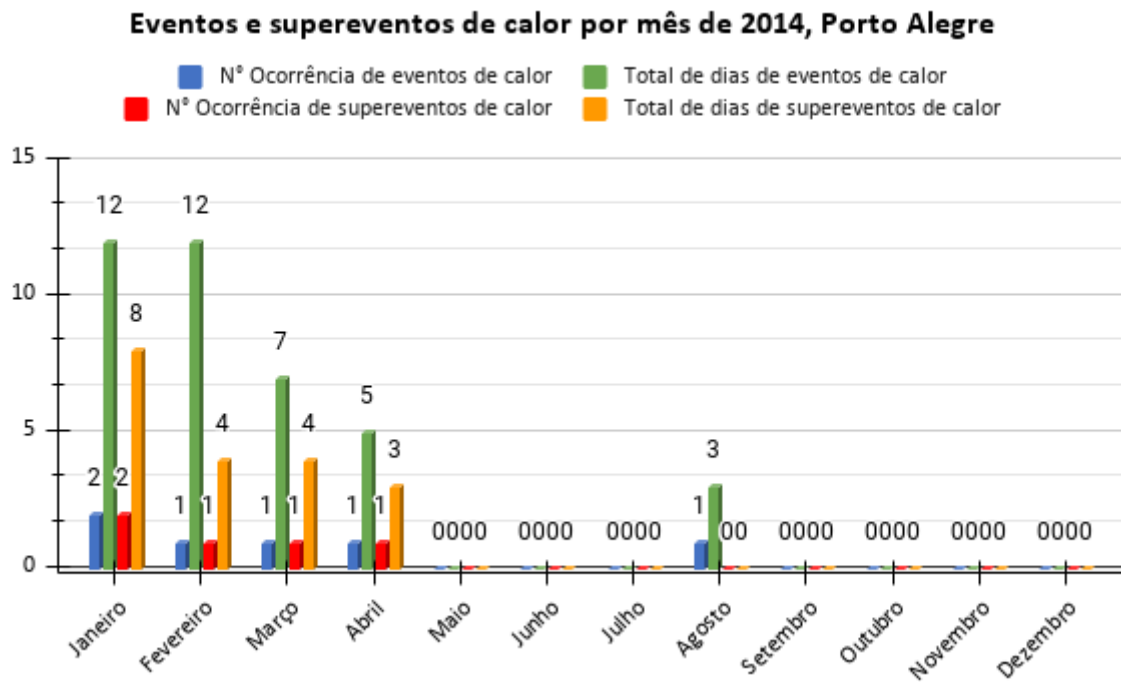


Figura 16: Eventos e supereventos de calor por mês de 2014, Porto Alegre-RS
 Fonte: Autor

Média de duração dos eventos e supereventos de calor em 2014, Porto Alegre-RS

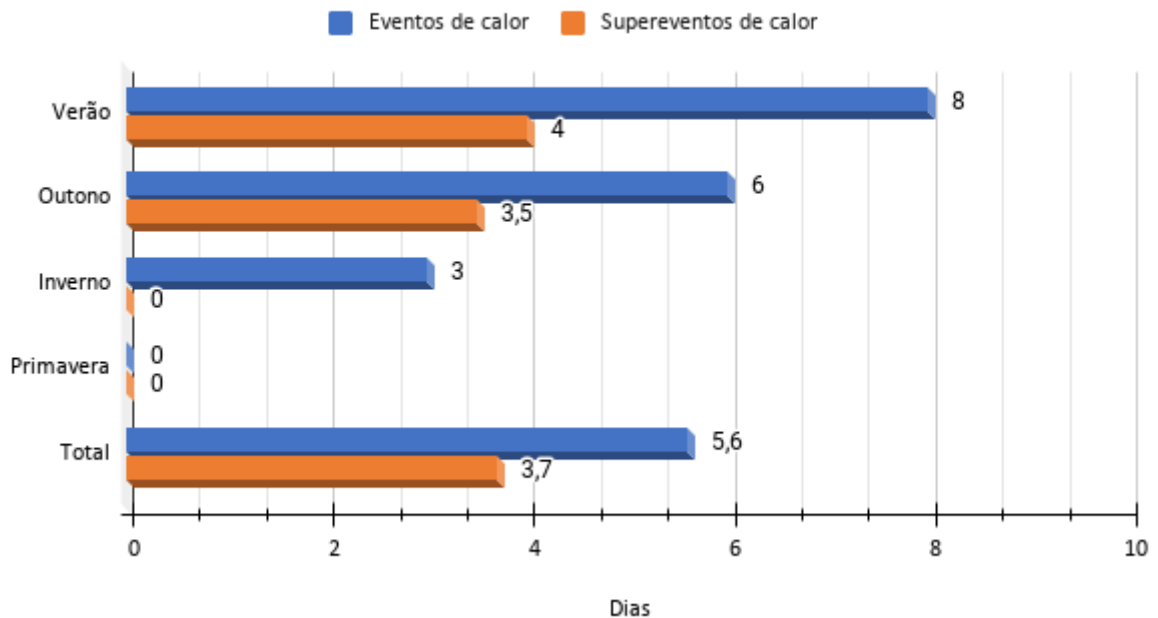


Figura 17: Média de duração dos eventos e supereventos de 2014, Porto Alegre-RS
 Fonte: Autor

Em 2015, foram registrados 5 eventos de calor, que ocorreram durante os meses de abril e, principalmente, em agosto, durante o outono e, principalmente, o inverno. Os eventos de calor tiveram duração de 17 dias, uma média de 3,3 dias de duração por evento. Foram registrados 2 supereventos de calor, que ocorreram no mês de agosto, durante o inverno. Os supereventos de calor tiveram duração de 8 dias, uma média de 4 dias de duração por evento. (figuras 18, 19 e 20)

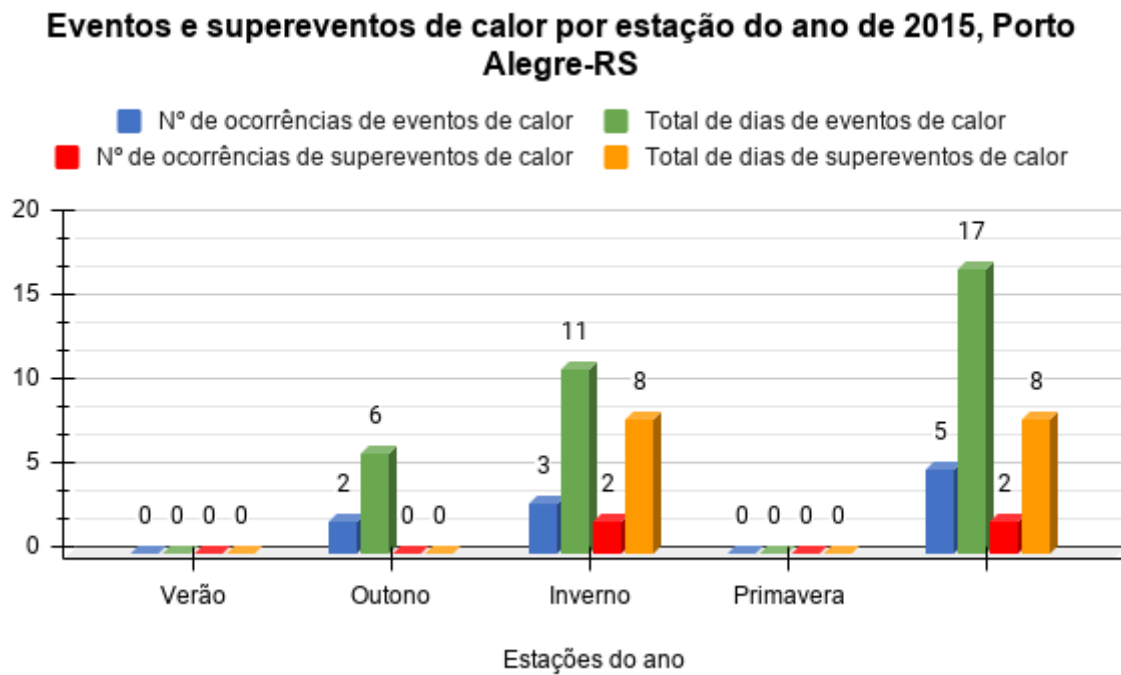


Figura 18: Eventos e supereventos de calor por estação do ano de 2015, Porto Alegre-RS
Fonte: Autor

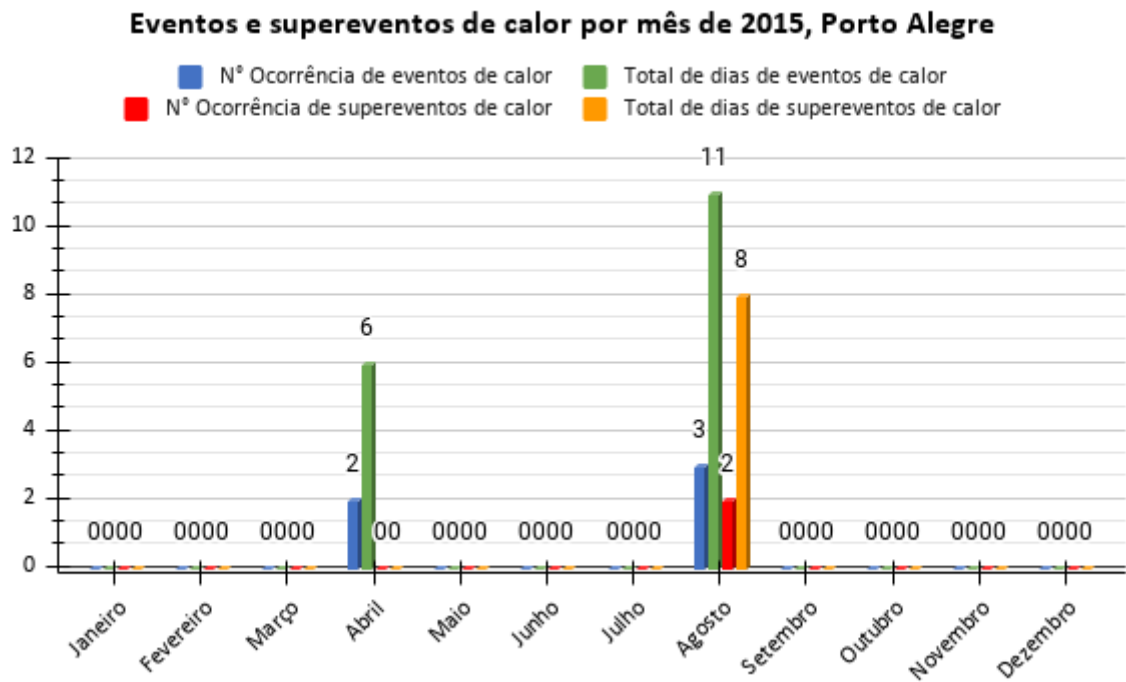


Figura 19: Eventos e supereventos de calor por mês de 2015, Porto Alegre-RS
Fonte: Autor

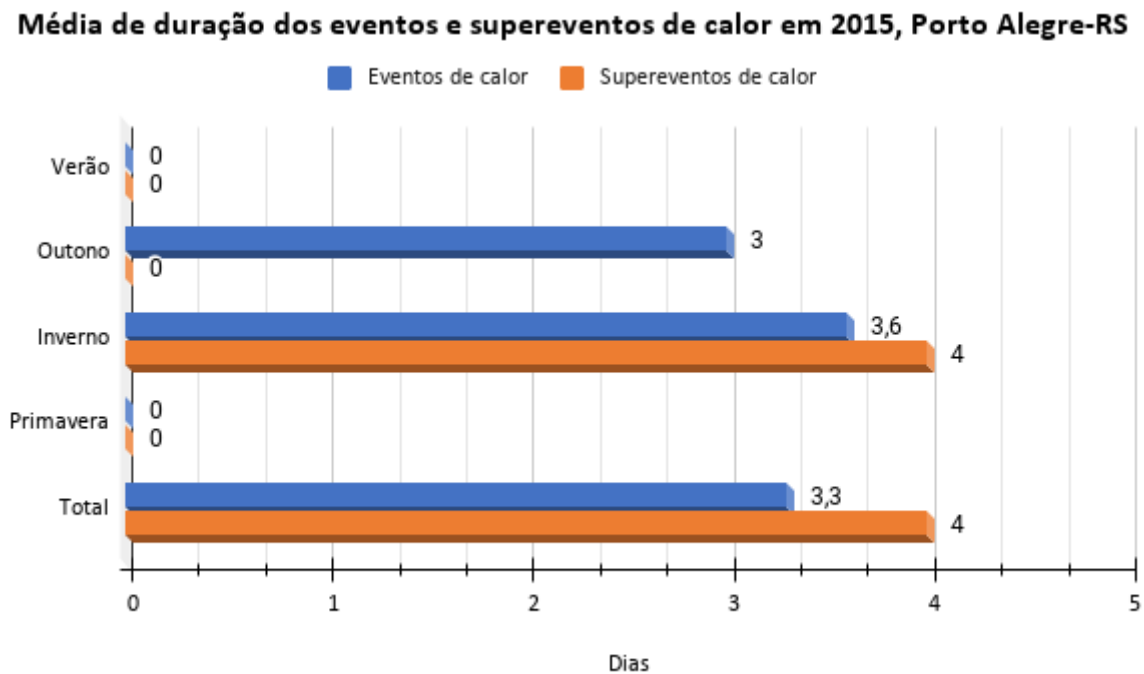


Figura 20: Média de duração dos eventos e supereventos de 2015, Porto Alegre-RS
Fonte: Autor

Em 2016, foram registrados 4 eventos de calor, que ocorreram nos meses de janeiro, abril, julho e dezembro, durante o verão, outono, inverno e primavera. Os eventos de calor tiveram duração de 16 dias, uma média de 4 dias de duração por evento. Foi registrado 1 superevento de calor, que ocorreu no mês de abril, durante o outono. O superevento teve duração de 7 dias, com uma média de 7 dias de duração. (figuras 21, 22 e 23)

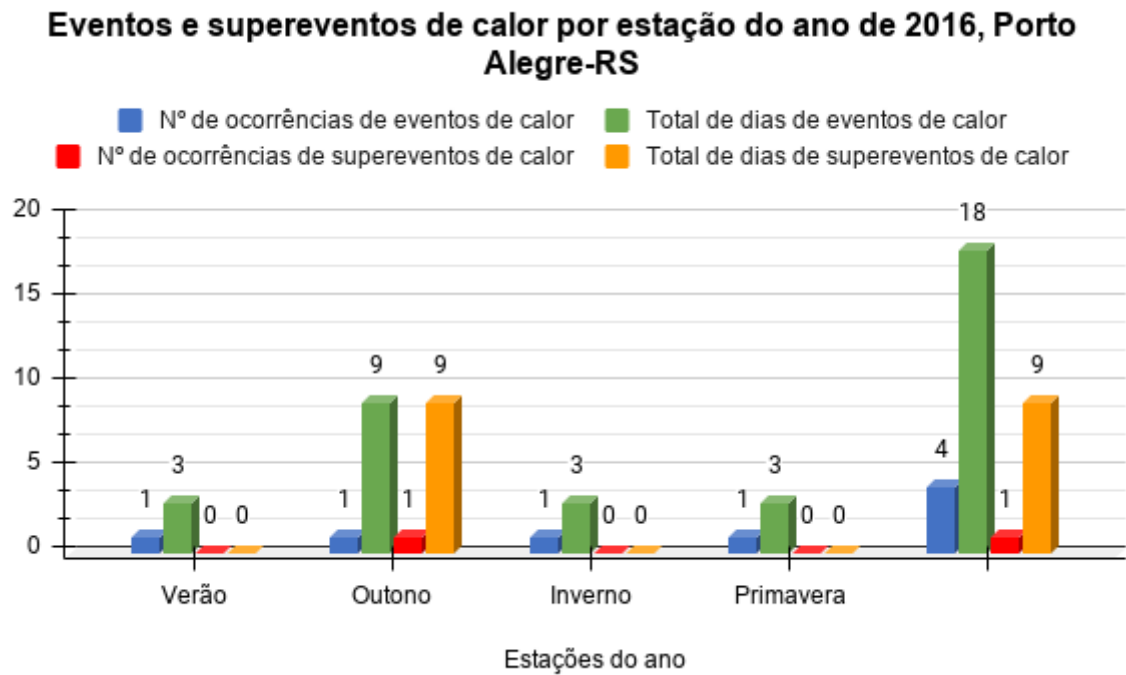


Figura 21: Eventos e supereventos de calor por estação do ano de 2016, Porto Alegre-RS
Fonte: Autor

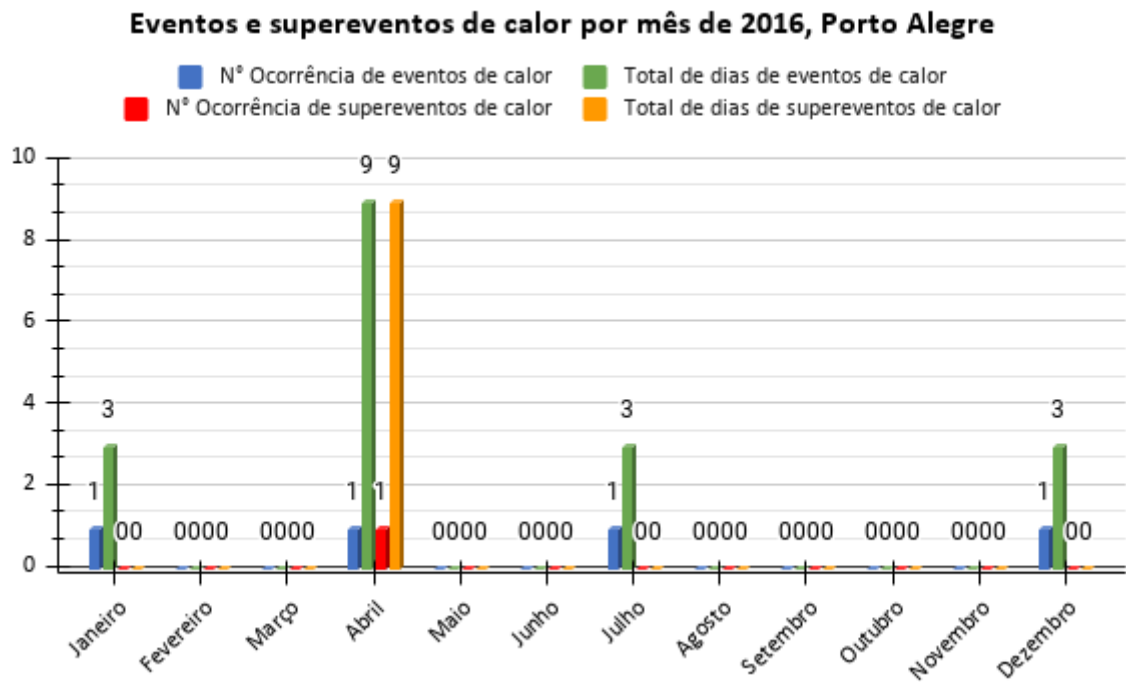


Figura 22: Eventos e supereventos de calor por mês de 2016, Porto Alegre-RS
Fonte: Autor

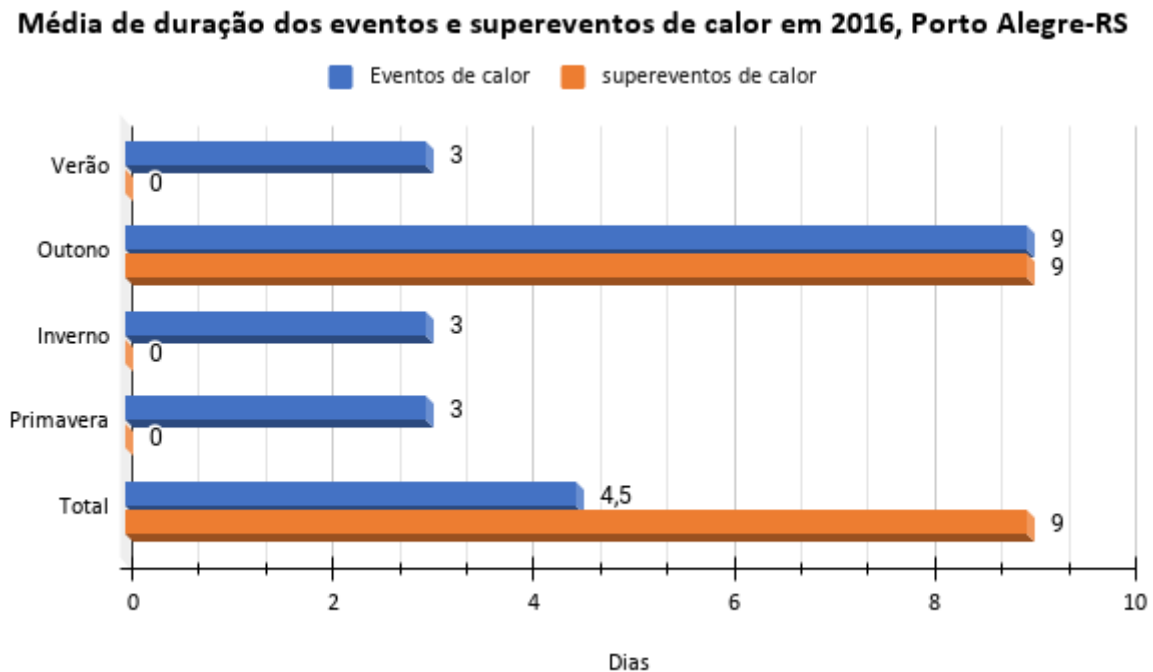


Figura 23: Média de duração dos eventos e supereventos de 2016, Porto Alegre-RS
Fonte: Autor

Em 2017, foram registrados 5 eventos de calor, que ocorreram nos meses de fevereiro, agosto, setembro e dezembro, durante o verão, inverno, principalmente, e na primavera. Os eventos de calor duraram 17 dias, tendo uma média de duração por evento de 3,6 dias. Foi registrado 1 superevento de calor, que ocorreu em fevereiro, durante o verão. O superevento de calor teve duração de 3 dias, tendo uma média de duração de 3 dias. (figuras 24, 25 e 26)

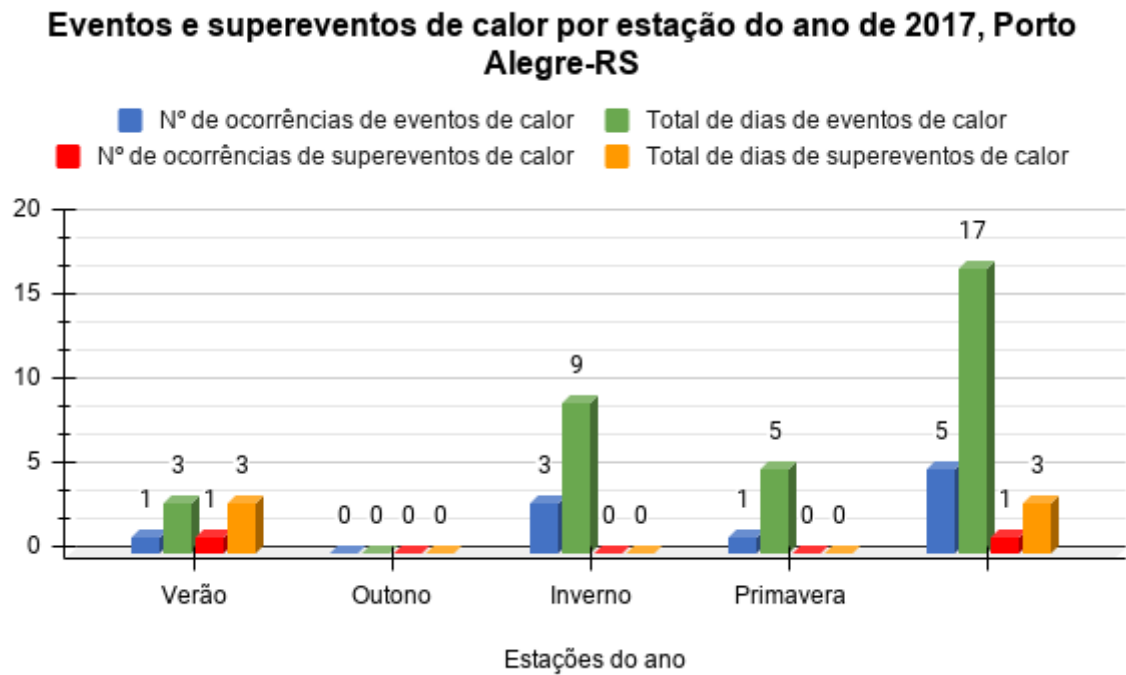


Figura 24: Eventos e supereventos de calor por estação do ano de 2017, Porto Alegre-RS
Fonte: Autor



Figura 25: Eventos e supereventos de calor por mês de 2017, Porto Alegre-RS
 Fonte: Autor

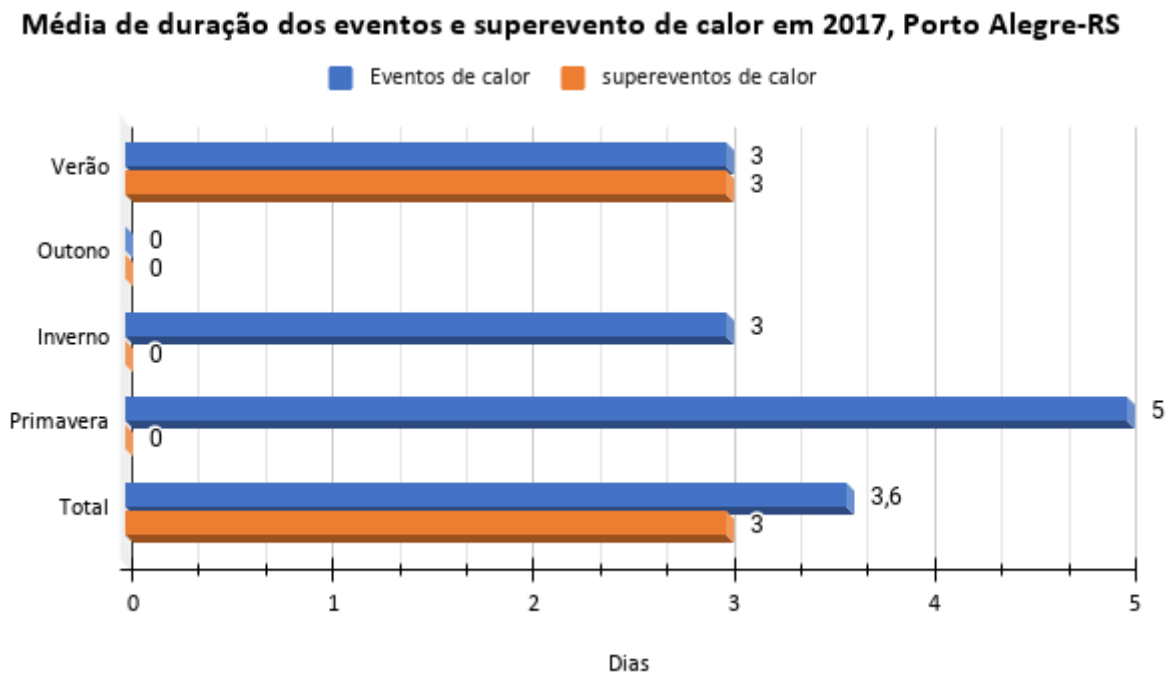


Figura 26: Média de duração dos eventos e supereventos de 2017, Porto Alegre-RS
 Fonte: Autor

Em 2018, foram registrados 5 eventos de calor, que ocorreram principalmente no mês de abril. Em novembro e dezembro também foram registradas ocorrências. Os eventos de calor ocorreram principalmente durante o outono, mas também tiveram registros no verão e na primavera. Os eventos de calor tiveram duração de 19 dias, com uma média de duração por evento de 3,6 dias. Foram registrados 2 supereventos de calor, que ocorreram em abril, durante o outono. Os supereventos de calor tiveram uma duração de 7 dias, uma média de 3,5 dias de duração por superevento. (figuras 27, 28 e 29)

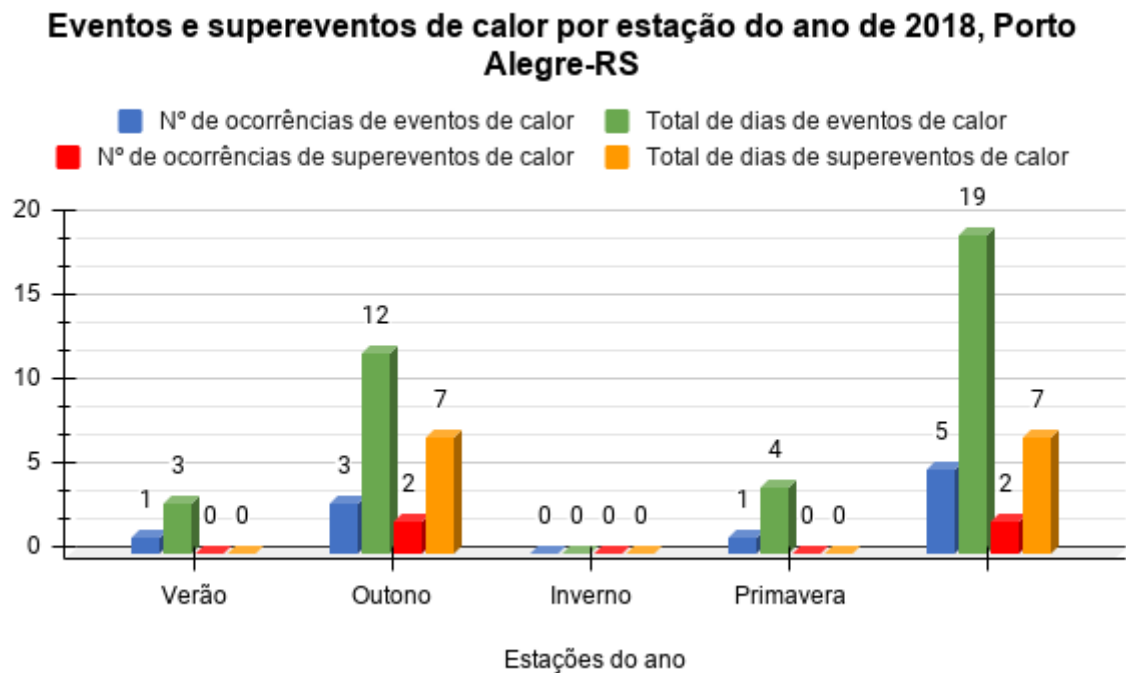


Figura 27: Eventos e supereventos de calor por estação do ano de 2018 Porto Alegre-RS
Fonte: Autor

Eventos e supereventos de calor por mês de 2018, Porto Alegre

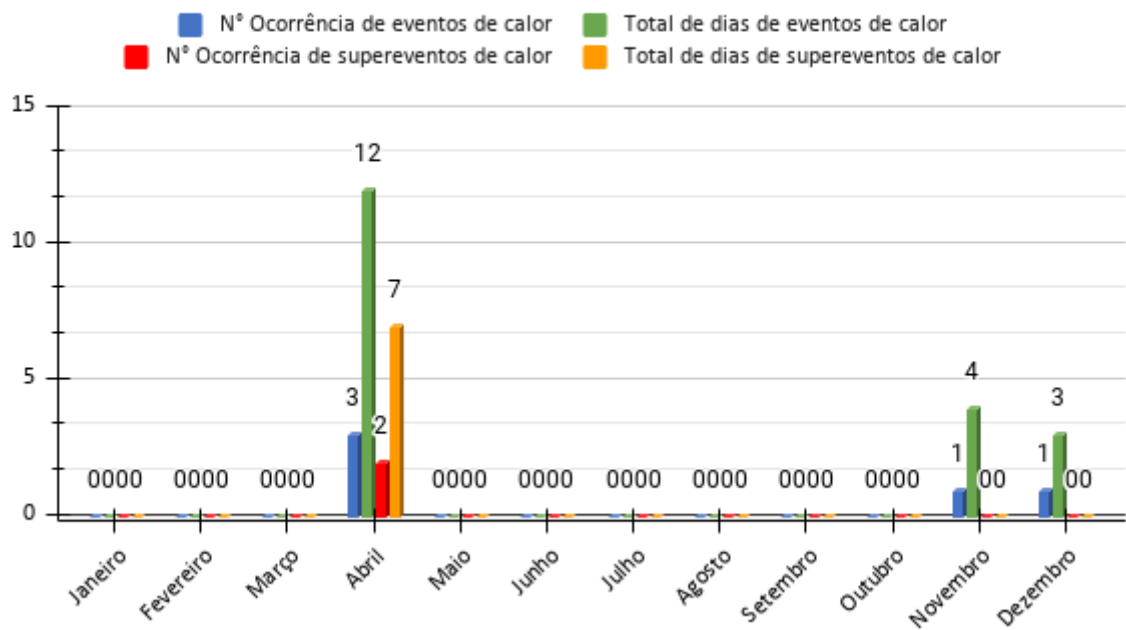


Figura 28: Eventos e supereventos de calor por mês de 2018, Porto Alegre-RS
Fonte: Autor

Média de duração dos eventos e supereventos de calor em 2018, Porto Alegre-RS

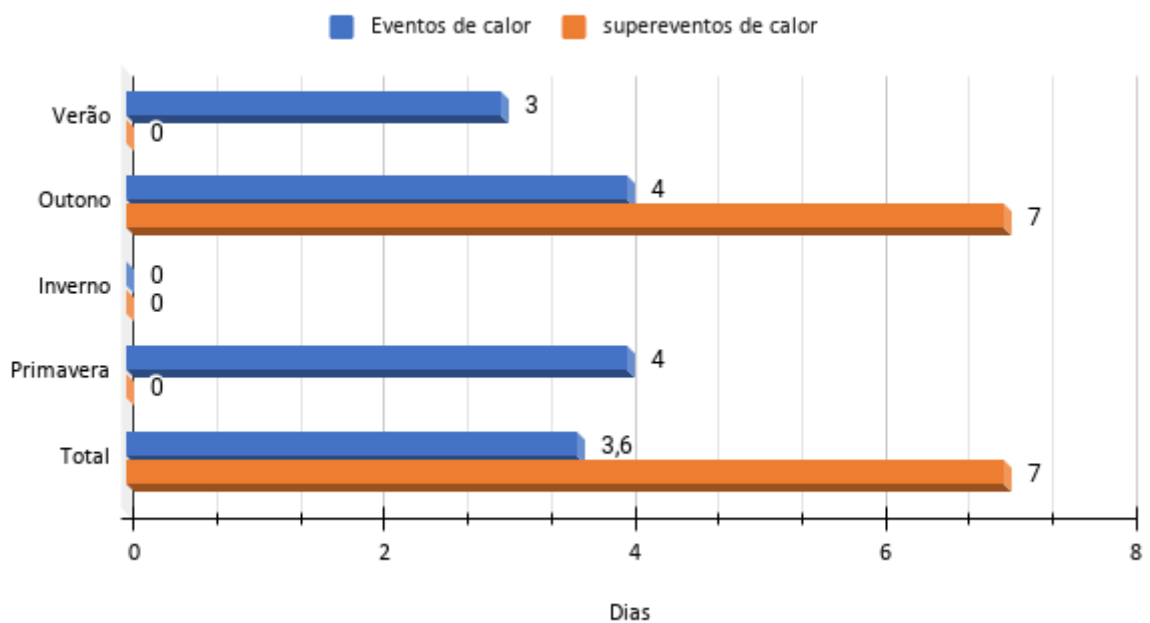


Figura 29: Média de duração dos eventos e supereventos de 2018, Porto Alegre-RS
Fonte: Autor

Em 2019, foram registrados 9 eventos de calor, que ocorreram principalmente nos meses de janeiro e dezembro, também foram registrados eventos durante os meses de fevereiro, março, julho e agosto. Os eventos ocorreram principalmente no verão, também foram registrados eventos no outono, inverno e primavera. Os eventos de calor tiveram duração de 41 dias, com uma média de duração por evento de 4,1 dias. Foram registrados 2 supereventos de calor, que ocorreram nos meses de janeiro e março, durante o verão e outono. Os supereventos de calor tiveram duração de 11 dias, uma média de duração por evento de 5,5 dias. (figuras 30, 31 e 32)

Eventos e supereventos de calor por estação do de 2019, Porto Alegre-RS

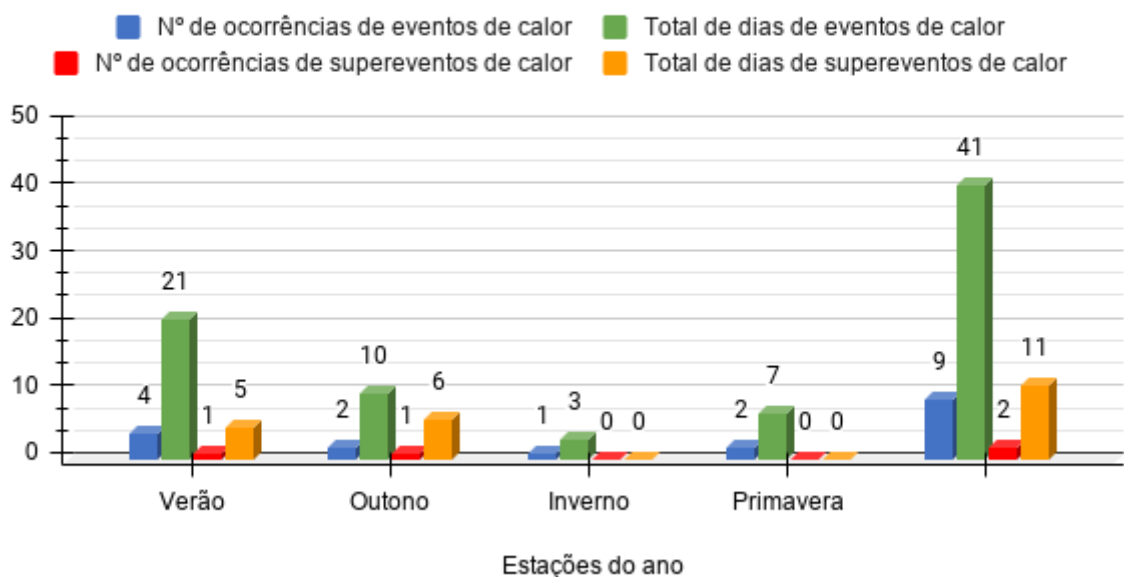


Figura 30: Eventos e supereventos de calor por estação do ano de 2019 Porto Alegre-RS
Fonte: Autor

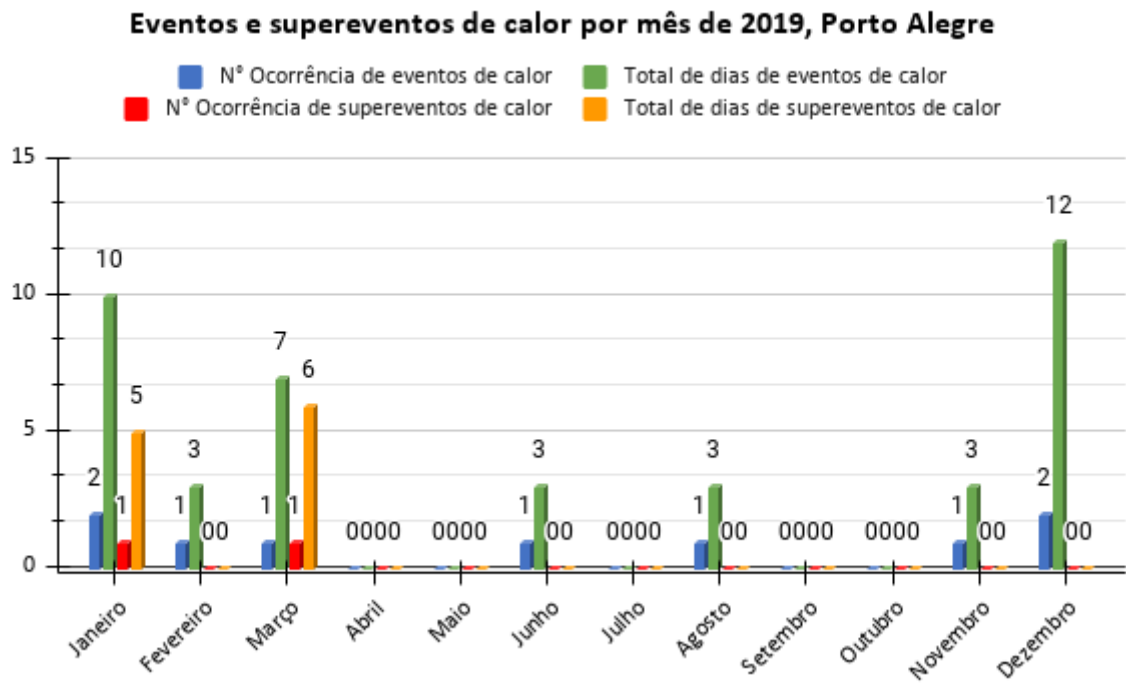


Figura 31: Eventos e supereventos de calor por mês de 2019, Porto Alegre-RS
 Fonte: Autor

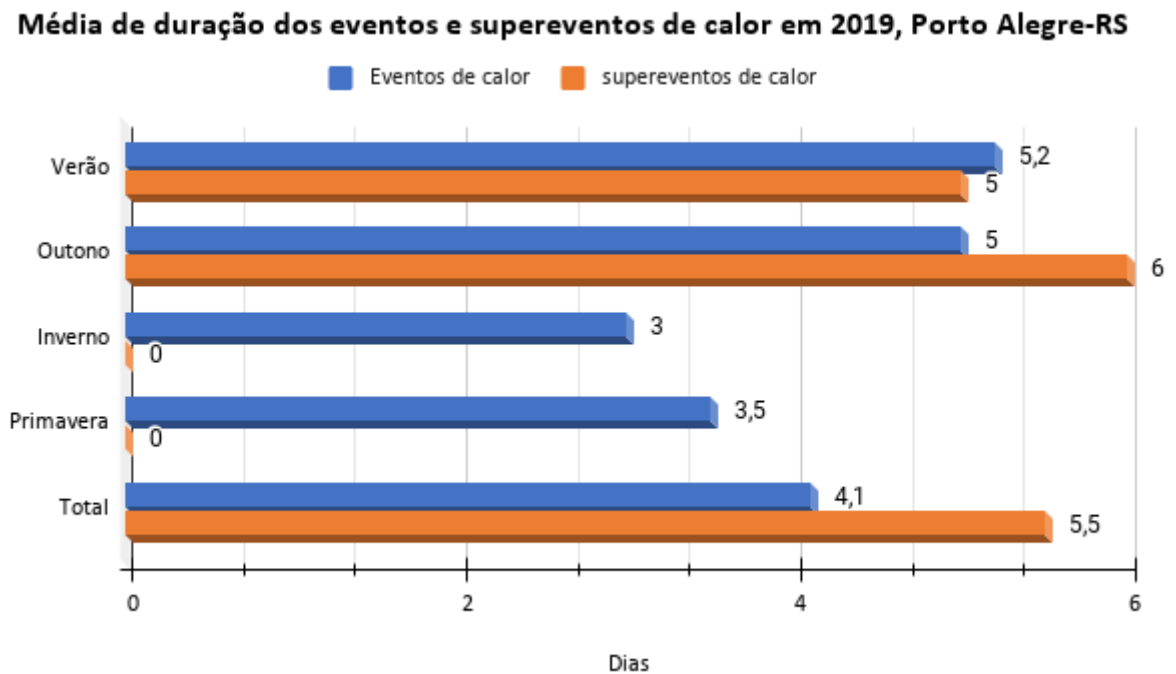


Figura 32: Média de duração dos eventos e supereventos de 2019, Porto Alegre-RS
 Fonte: Autor

5.2 Análise dos eventos extremos do período 2010-2019

Através do levantamento de dados da estação meteorológica de Porto Alegre - RS do INMET, durante o período de dez anos (2010 a 2019) foi possível observar o número de ocorrências de eventos e supereventos de calor total anual e por estação do ano (figura 33, 34 e 35), Média de duração dos eventos e supereventos (figura 36), e os Eventos e supereventos de calor por mês (Figura 37).

Foi possível observar que o verão foi a estação do ano com maior número e duração de eventos de calor. Foram registrados 22 eventos de calor, representando 36,7% dos eventos de calor do período estudado, com duração de 114 dias, uma média de duração por evento de calor de 5,1 dias. O verão também foi a estação com maior número e duração de supereventos de calor. Foram registrados 10 supereventos de calor, representando 45,5% dos supereventos de calor do período estudado, com uma duração de 44 dias, uma média de duração por superevento de calor de 4,4 dias.

O outono foi a segunda estação com maior número e duração de eventos de calor. Foram registrados 15 eventos de calor, 25% dos eventos de calor do período do estudo, com duração de 68 dias, uma média de 4,5 dias de duração por evento. O outono também foi a estação com o segundo maior número e duração de supereventos de calor. Foram registrados 6 supereventos de calor, representando 27,3% dos supereventos de calor do período do estudo, com duração de 29 dias, uma média de duração por superevento de 4,8 dias.

O inverno foi a terceira estação com maior número e duração de eventos de calor, foram registrados 13 eventos de calor, representando 21,7% dos eventos de calor do período do estudo, com duração de 45 dias, uma média de duração por evento de calor de 3,5 dias. Foram registrados 5 supereventos de calor, representando 22,7% dos supereventos de calor do período do estudo, com duração de 17 dias, uma média de duração por superevento de calor de 3,4 dias.

A primavera foi a estação com o menor número e duração de eventos de calor. Foram registrados 10 eventos de calor, representando 16,7% dos eventos de calor do período do estudo, com duração de 42 dias, com uma média de duração por evento de calor de 4,2 dias. A primavera também foi a estação com menor número e duração de supereventos de calor. Foi registrado 1 evento de calor, com duração de 4 dias, representando 4,5% dos eventos de calor do período do estudo, uma média de duração por superevento de calor de 4 dias.

Os meses com o maior número de eventos de calor foram abril e dezembro com 10 ocorrências registradas, após eles vêm agosto com 9 registros, janeiro e fevereiro com 8 ocorrências, março com 6 registros, novembro com 4 ocorrências, setembro com 3 ocorrências, julho e julho com 1 e maio com 0 ocorrências.

O mês com o maior número de supereventos de calor foi fevereiro com 6 registros, após ele vem abril e agosto com 4 registros, janeiro com 3 registros, março e dezembro com 2 registros, setembro com 1 registro e maio, junho, julho, outubro e novembro com 0 ocorrências.

Em síntese, de 2010 a 2019 foram registrados 60 eventos de calor, com duração de 269 dias, uma média de duração de 4,5 dias por eventos de calor. Foram registrados 22 supereventos de calor, com duração de 94 dias, uma média de duração de 4,3 dias por superevento de calor.

De forma geral, os eventos de calor tiveram uma média de duração de 4,5 dias nesse período e os supereventos de calor duraram em média 4,3 dias. Ainda, fazendo uma comparação com o quadro 1 e a figura 38, é possível observar com as temperaturas máximas médias, médias e mínimas médias por mês de 2010 a 2019, Porto Alegre-RS (figura 38) que as mesmas não ultrapassaram os limites estabelecidos por Silveira (2014).

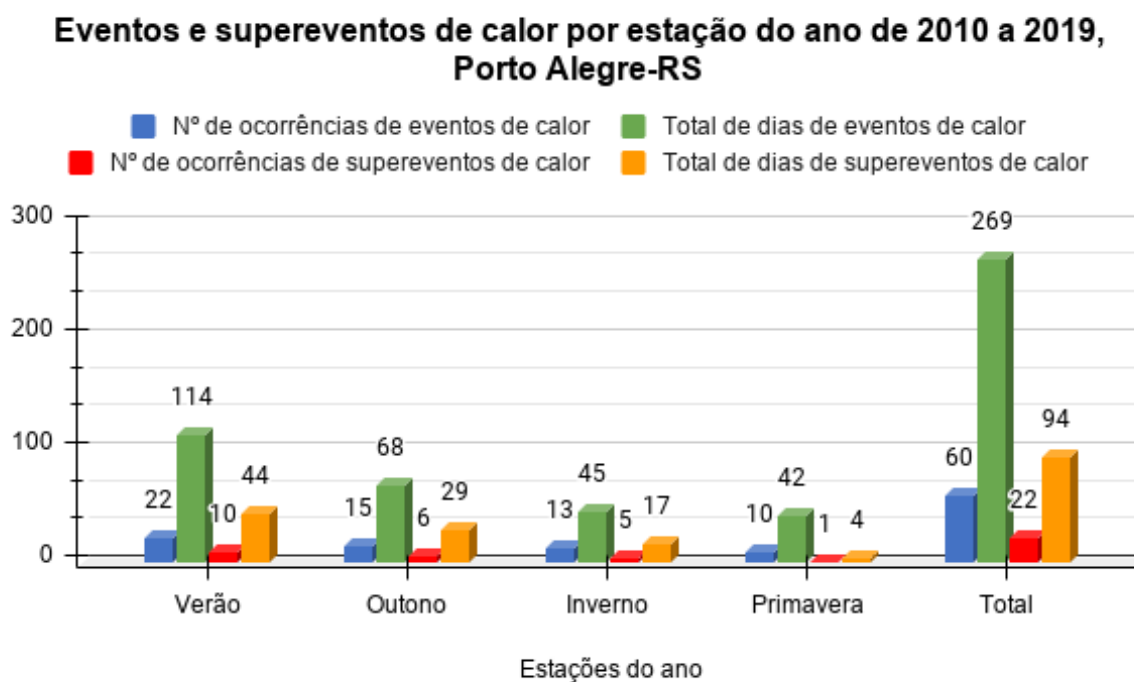


Figura 33: Eventos e super eventos de calor por estação do ano de 2010 a 2019, Porto Alegre-RS
Fonte: Autor

Eventos de calor por estação do ano de 2010 a 2019, Porto Alegre-RS

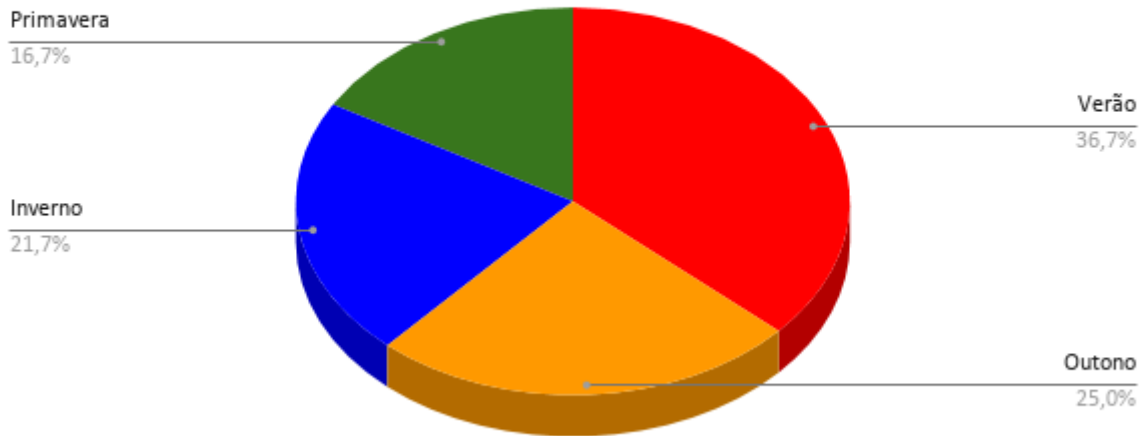


Figura 34: Eventos de calor por estação do ano de 2010 a 2019, Porto Alegre-RS
Fonte: Autor

Supereventos de calor por estação do ano de 2010 a 2019, Porto Alegre-RS

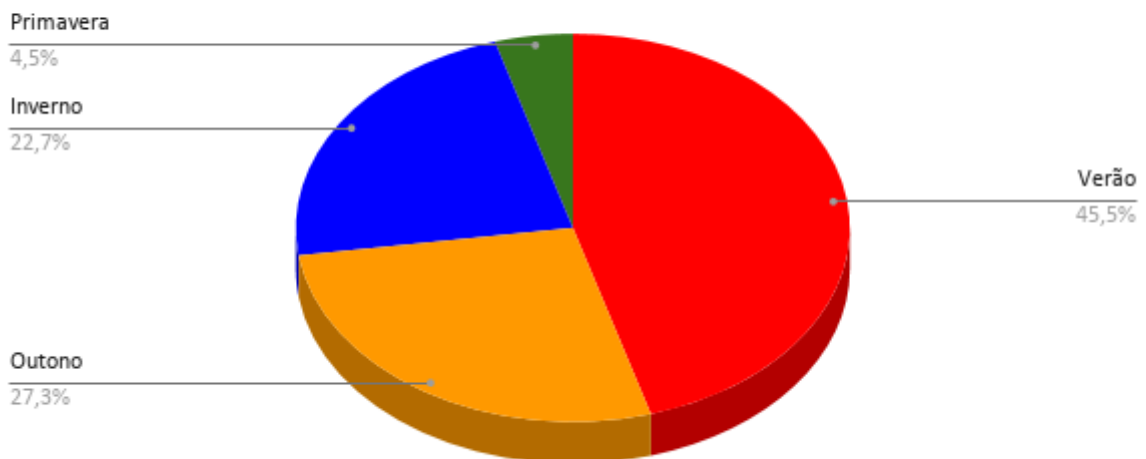


Figura 35: Supereventos de calor por estação do ano de 2010 a 2019, Porto Alegre-RS
Fonte: Autor

Média de duração dos eventos e supereventos de calor por estação do ano de 2010 a 2019, Porto Alegre-RS

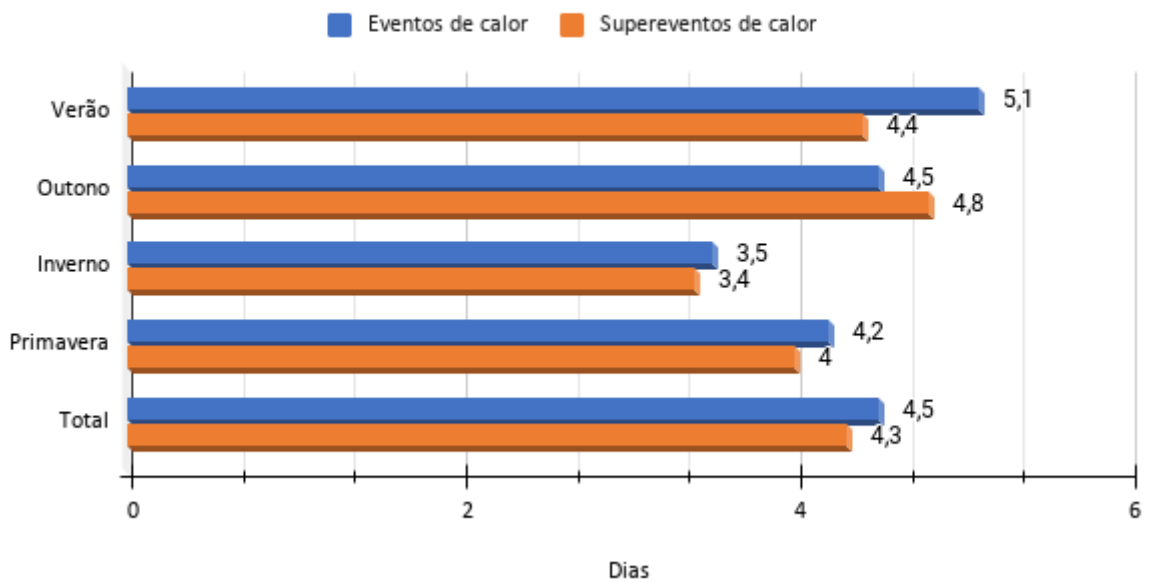


Figura 36: Média de duração dos eventos e supereventos de 2010 a 2019, Porto Alegre-RS
 Fonte: Autor

Eventos e supereventos de calor por mês de 2010 a 2019, Porto Alegre

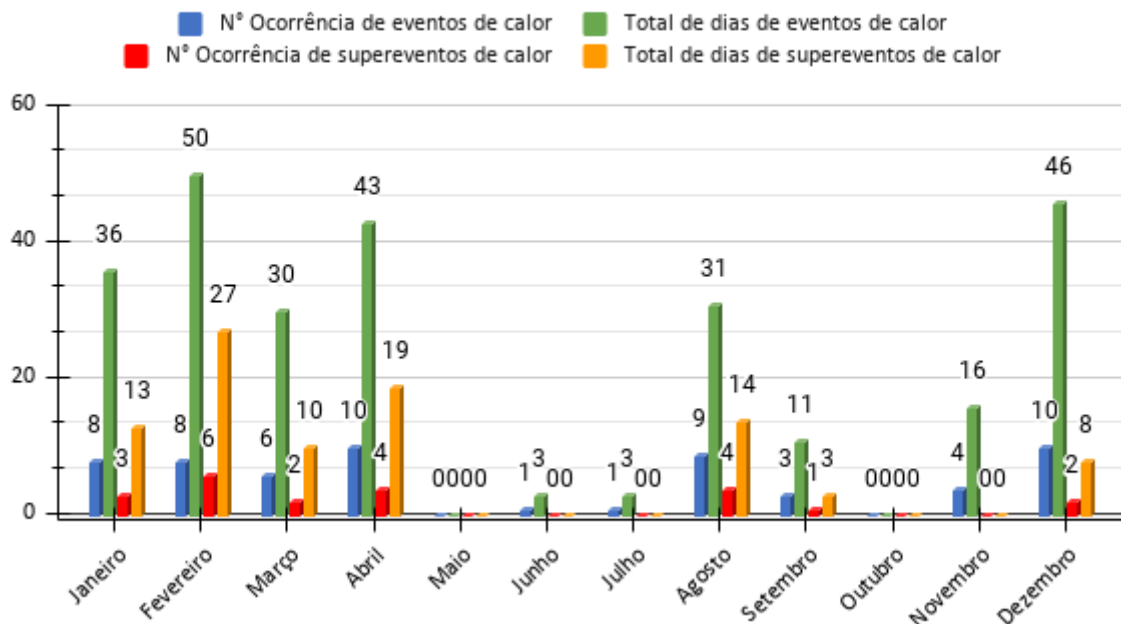


Figura 37: Eventos e supereventos de calor por mês de 2010 a 2019, Porto Alegre-RS
 Fonte: Autor

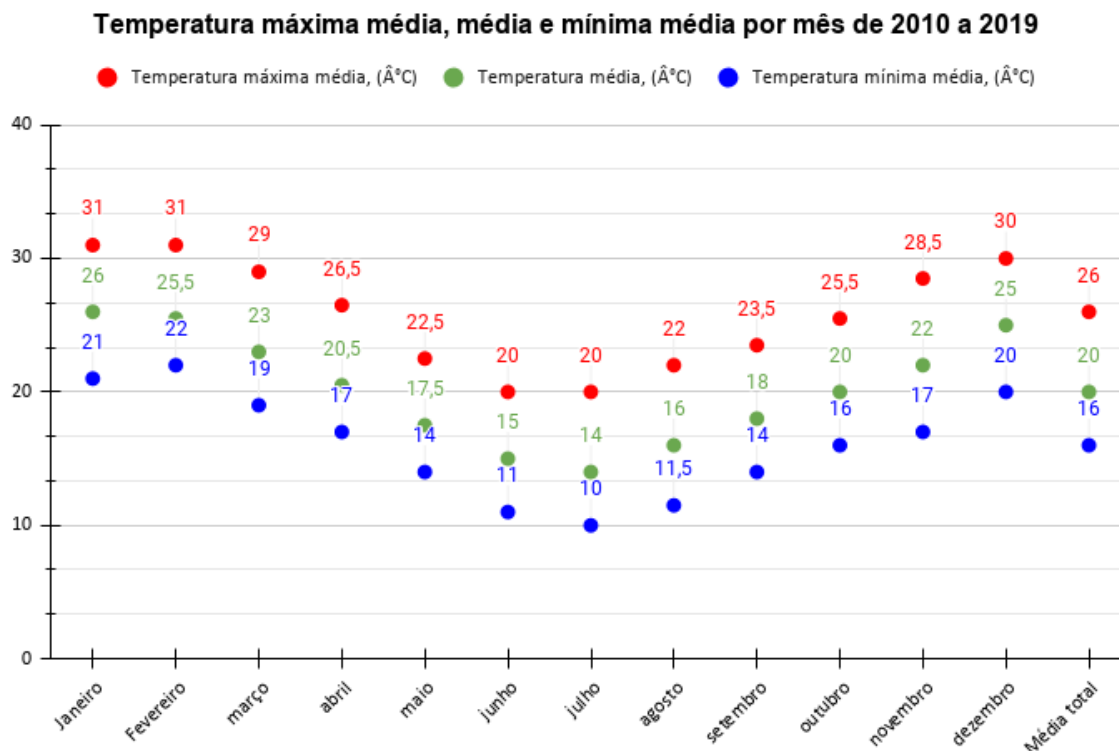


Figura 38: Temperatura máxima média, média e mínima média por mês de 2010 a 2019, Porto Alegre-RS
 Fonte: Autor

5.3 Comparação com período de 1992 a 2019

A partir da análise de ocorrência de eventos extremos de calor e de frio no Rio Grande do Sul entre 1992 e 2009, realizada por Silveira (2014), e para que fosse possível uma melhor comparação entre os períodos, dividiu-se a análise em cinco períodos, de cinco anos cada: de 1995 a 1999, de 2000 a 2004, de 2005 a 2009, de 2010 a 2014 e de 2015 a 2019. Os dados de 1992 a 1994, assim, não foram considerados no primeiro gráfico, porém seguem na comparação (Figura 39).

Entre 1992 e 1994, foram registrados 14 eventos de calor e 8 supereventos de calor.

Durante o período de 1995 a 1999, foram registrados 17 eventos de calor e 6 supereventos de calor, representando cerca de 13,7% dos eventos de calor e 13,6% dos supereventos de calor do período 1995 a 2019.

De 2000 a 2004, registrou-se 21 eventos de calor e 6 supereventos de calor, o que representa 17% dos eventos de calor e 13,6% dos supereventos de calor do total.

De 2005 a 2009, o número de ocorrências de eventos de calor foi de 29 e 10 supereventos de calor, aproximadamente 23,4% dos eventos de calor e 22,7% dos supereventos de calor, sendo

o terceiro período com maior número de eventos e supereventos de calor do intervalo considerado.

De 2010 a 2014, foram registrados 32 eventos de calor e 14 supereventos de calor, cerca de 25,8% dos eventos de calor e 31,8% dos supereventos de calor, sendo o período com maior número de eventos extremos de calor do estudo.

De 2015 a 2019 foram registrados 28 eventos de calor e 8 supereventos de calor, cerca de 22,6% dos eventos de calor e 18,1% dos supereventos de calor, sendo o segundo período com maior número de eventos extremos de calor.

Nota-se que houve um aumento contínuo de eventos e supereventos de calor de 1995 a 2014, apesar de haver uma redução, entre 2015 a 2019, em relação ao período de 2010 a 2014. Ainda assim, 2015-2019 foi o segundo período com o maior número de eventos extremos de calor do período total analisado. Ainda, observa-se um importante fator, que é o aumento parcial dos supereventos de calor, uma vez que, fazendo uma comparação entre os anos de 2005 a 2009 e de 2010 a 2014, o número de supereventos aumentou 9,1%. Porém, entre 2015 e 2019 o número de ocorrências de supereventos de calor teve uma redução de 13,6%, das 14 ocorrências no período de 2010-2014 para 8 ocorrências de 2015-2019, 2 ocorrências a menos que o período de 2005 a 2009.

Considerando a década de 2000-2009, somam-se 47 eventos de calor e 16 supereventos de calor, representando cerca de 38% dos eventos de calor e 36,4% dos supereventos de calor do período, sendo a segunda década com maior número de ocorrências de eventos extremos de calor.

A década 2010-2019 totaliza 60 eventos de calor e 22 supereventos de calor, representando 48,4% dos eventos de calor e 50% dos supereventos de calor, sendo a década com maior número de eventos extremos de calor do estudo.

Nota-se que entre as décadas 2000-2009 e 2010-2019, houve um aumento na ocorrência de eventos de calor de 47 para 60, representando um aumento de 10,5% nas ocorrências. Nos supereventos de calor, o aumento foi de 16 supereventos, entre 2000 a 2009, para 22, de 2010 a 2019, tendo um aumento de 13,6% nas ocorrências de supereventos de calor entre as 2 décadas. Sendo possível observar uma tendência de aumento da temperatura mínima e máxima em Porto Alegre

Eventos e supereventos de calor por período de 1995 a 2019, Porto Alegre-RS

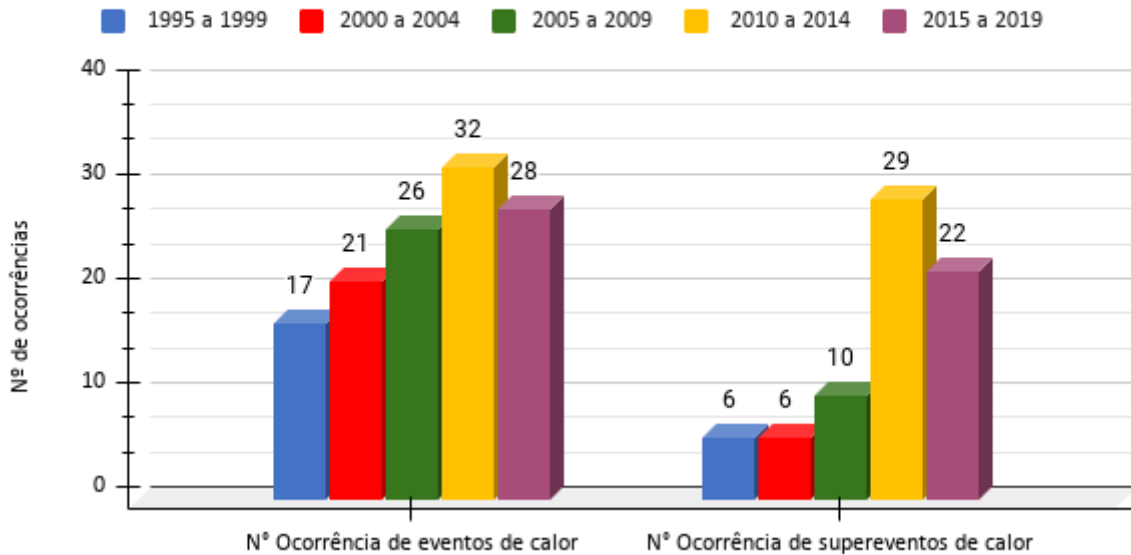


Figura 39: Eventos e supereventos de calor por período de 1995 a 2019, Porto Alegre-RS
Fonte: Autor

Em relação à duração dos eventos de calor, de 1992 a 2009, assim como de 2010 a 2019, os eventos extremos duraram de 3 a 4 dias em 78% dos casos. As ocorrências com duração de 5 dias aumentaram de 6% para 17% na última década, já as ocorrências de 6 dias diminuíram de 8% para 3%, as de 7 se mantiveram em 8%. Entretanto, as ocorrências de 8 aumentaram de 1% para 5%, as de 9 dias aumentaram de 1% para 2% e registrou-se a primeira ocorrência com mais de 10 dias de duração, representando 2% das ocorrências (figuras 40 e 41).

Duração dos eventos de calor em nº dias de 1992 a 2009, Porto Alegre - RS

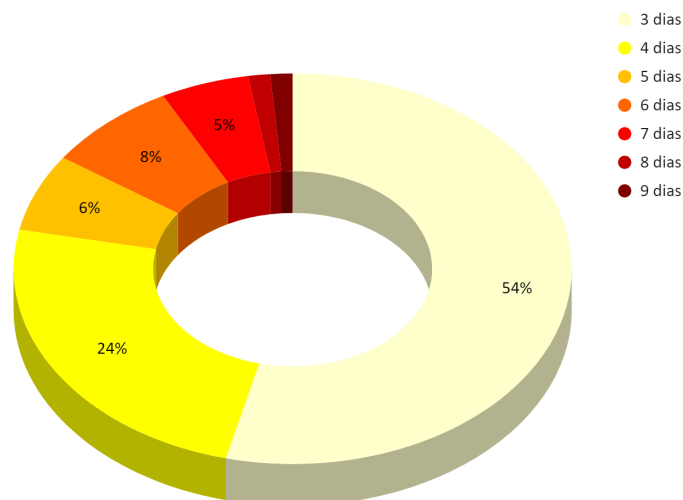


Figura 40: Duração dos eventos de calor em número de dias de 1992 a 2009, Porto Alegre-RS
Fonte: Autor

Duração dos eventos de calor em nº dias de 2010 a 2019, Porto Alegre - RS

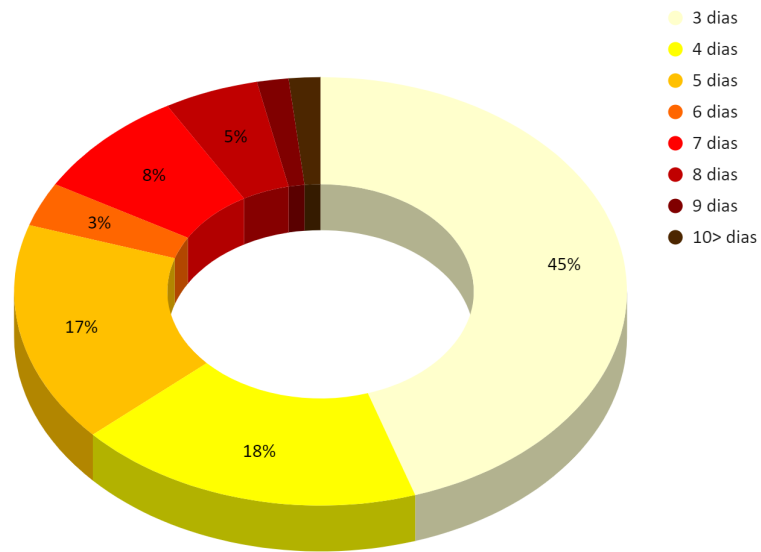


Figura 41: Duração dos eventos de calor em nº de dias de 2010 a 2019, Porto Alegre-RS
Fonte: Autor

6. Considerações Finais

A partir do levantamento e da análise dos dados diários e mensais das temperaturas máximas e mínimas de Porto Alegre entre 01/01/2010 e 31/12/2019, foi possível identificar que a capital do Rio Grande do Sul teve 60 eventos de calor, sendo que 22 desses ocorreram no verão, 15 no outono, 13 no inverno e 10 na primavera, com uma duração total de 269 dias; e 22 supereventos de calor, sendo que 10 foram no verão, 6 no outono, 5 no inverno e 1 na primavera, com duração total de 94 dias, que atingiram o município Porto Alegre nesse período.

Tendo por base a análise de ocorrência de eventos extremos de calor e de frio no Rio Grande do Sul entre 1992 e 2009, realizada por Silveira (2014), podemos observar que, de 2000 a 2009, foram registrados 47 eventos de calor e 16 supereventos de calor, representando cerca de 38% dos eventos de calor e 36,4% dos supereventos de calor do período. De 2010 a 2019 foram registrados 60 eventos de calor e 22 supereventos de calor, representando 48,4% dos eventos de calor e 50% dos supereventos de calor, sendo a década com maior número de eventos extremos de calor do estudo. Nesta década foi possível observar o período do estudo com maior número de eventos e supereventos de calor: dos 60 eventos de calor e 22 supereventos de calor que ocorreram na década 2010 a 2019, 32 eventos e 14 supereventos de calor ocorreram de 2010 a 2014, cerca de 25,8% dos eventos de calor e 31,8% dos supereventos de calor, sendo o período com maior número de eventos extremos de calor do estudo.

Com base nas comparações, observa-se que houve um aumento contínuo de eventos e supereventos de calor de 1995 a 2014. Ainda, nota-se que entre as décadas de 2000 a 2009 e de 2010 a 2019, houve um aumento na ocorrência de eventos de calor de 47 para 60, representando um aumento de 10,5% nas ocorrências. Nos supereventos de calor o aumento foi de 16 supereventos entre 2000 a 2009 para 22 de 2010 a 2019, tendo um aumento de 13,6% nas ocorrências de supereventos de calor entre as 2 décadas. Constatou-se, também, que houve aumento parcial dos supereventos de calor, uma vez que, fazendo uma comparação entre os anos de 2005 a 2009 e 2010 a 2014 o número de supereventos cresceu 9,1%. Porém, entre 2015 e 2019 o número de ocorrências de supereventos de calor teve uma redução de 13,6%, das 14 ocorrências no período de 2010-2014 para 8 ocorrências de 2015-2019, 2 ocorrências a menos que o período de 2005 a 2009. Em suma, entre as décadas de 2000-2009 e de 2010-2019 houve aumento no número de episódios de eventos de calor e nos

supereventos de calor. Sendo possível observar uma tendência de aumento da temperatura mínima e máxima em Porto Alegre

Tendo em vista tais resultados sobre a tendência de aumento da temperatura máxima na cidade de Porto Alegre-RS, é notável a necessidade de um monitoramento dos eventos extremos de calor, para que seja possível fazer um acompanhamento anual, mensal, quiçá, diário, devido ao risco que as altas temperaturas trazem para população.

Conclui-se que existe uma necessidade de criação de um sistema de alerta para eventos extremos de calor, assim como o sistema utilizado pela Defesa Civil para alertar a população sobre fortes chuvas que estão chegando na cidade, pois é evidente os riscos que as altas temperaturas podem trazer a população se a mesma não estiver devidamente preparada para tal evento.

7. Referências

BITENCOURT, D. P. **Frequência, Duração, Abrangência Espacial e Intensidade das Ondas de Calor no Brasil**. Disponível em: C:\Typeset\RBMET\31-4\20150077\20150077.vp (scielo.br). Acesso em 14 dez 2020.

BRASIL. **Política Nacional de Proteção e Defesa Civil- PNPDEC**. Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm. Acesso em 20 jan.2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Clima**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/clima.html>. Acesso em 18 dez.2019 (a).

BRASIL. Ministério da Saúde. **Mudanças climáticas**. Disponível em: <https://www.saude.gov.br/vigilancia-em-saude/vigilancia-ambiental/vigidesastres/mudancas-climaticas>. Acesso em 18.dez.2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional sobre Mudança do Clima**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima/plano-nacional-sobre-mudanca-do-clima>. Acesso em 20 jan.2020.

CONFALONIERI, U. E. C. MARINHO, D. P. **Mudança Climática Global e Saúde: Perspectivas para o Brasil** . Revista Multiciência, São Paulo, Edição nº8, 2007.

COSTA, Cláudia Priscila Wanzeler da. **Análise Espacial e Temporal de Índices Climáticos Derivados das Temperaturas Máximas e Mínimas para o Rio Grande do Sul**. 2008.167f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. Acesso em 25 jan.2021.

CARDIA, Vinícius Catto de. **Climatologia das Ondas de Calor em Porto Alegre - RS: 1961 a 2010**. 2010. Trabalho de conclusão do curso de Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul;

FIRPO, Mári Ândrea Feldman. **Ondas de frio e de calor para o Rio Grande do Sul e sua relação com El Niño e La Niña**. 2008. 118f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

FUTURE EARTH. **Or future on Earth.** Disponível em: <https://futureearth.org/2020/02/07/we-have-launched-the-our-future-on-earth-2020-report/>.

Acesso em 20 jan.2020.

GEIRINHAS, J.L.M. **Caracterização Climática e Sinóptica das Ondas de Calor no Brasil.** Dissertação de Mestrado. Mestrado em Ciências Geofísicas. Faculdade de Lisboa, 2016.

MANDÚ, T. B. **Avaliação de tendência nas ondas de calor registradas em Manaus/AM, Brasil.** Revista Brasileira de Climatologia. Vol. 27, p.405-425, 2020

MARENGO, J. A. **O futuro clima do Brasil.** Revista USP. São Paulo, Nº103, p.25-32, 2014.

MARGULIS, Sergio; DuBEuX, Carolina Burle Schmidt (eds.).**Economia da Mudança do Clima No Brasil: Custos e Oportunidades.** Coordenação geral de Jacques Marcovitch. São Paulo, IBEP, 2010, 82 p.

PENEREIRO, J. C. MESCHIATTI, M. C. **Tendências em séries anuais de precipitação e temperaturas no Brasil.** Eng Sanit Ambient, v.23 n.2, p.319-331, 2018.

RIO GRANDE DO SUL. **Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão. Região Metropolitana de Porto Alegre.** Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/regiao-metropolitana-de-porto-alegre-rmpa>. Acesso em 20 jan.2020.

ROSSATO, M. S. **Os Climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia. 2011.** Tese (doutorado em geografia)- Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Campus Porto Alegre, Rio grande do sul.

SARTORI, M. G. B. **A dinâmica do clima no Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimento científico.** Terra Livre. São Paulo, ano 19, v.1, n.20, p.27-49. jan/jul.2003.

SILVEIRA, Renata Dias. **Risco climático, vulnerabilidade socioespacial e eventos climáticos extremos relacionados ao calor e ao frio no estado do Rio Grande do Sul-Brasil.** 2014. Tese (Doutorado em Geografia)- Programa de Pós-Graduação em Geografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Campus de Presidente Prudente, Presidente Prudente, São Paulo.

XAVIER, Fernando Weiss. **O planejamento Estratégico da Cidade de Porto Alegre na conjuntura Prévia à Copa do Mundo de 2014.** 288p. Dissertação (mestrado). Faculdade de

Arquitetura. Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.