

RELAÇÃO ENTRE FATORES CLIMÁTICOS E DOENÇAS DO APARELHO CARDIOVASCULAR NO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA-PR

RELATION BETWEEN CLIMATIC FACTORS AND CIRCULATORY DISEASES IN THE CITY OF PONTA GROSSA-PR

Natália Galvão

Graduanda em Bacharelado em Enfermagem- UEPG
Bolsista de Iniciação Científica do CNPq
gn_natalia@hotmail.com

Maysa de Lima Leite

Doutora em Agronomia, UNESP, Botucatu, SP
Professora do Departamento de Biologia Geral, UEPG, Ponta Grossa, PR
mleite@uepg.br

Jorim Sousa das Virgens Filho

Doutor em Energia na Agricultura, UNESP, Botucatu, SP
Professor do Departamento de Matemática e Estatística, UEPG, Ponta Grossa, PR
jvirgens@uepg.br

Catherine Copas Pontes

Graduanda em Bacharelado em Enfermagem- UEPG
Bolsista de Iniciação Científica da Fundação Araucária
cathy-120@hotmail.com

RESUMO

As doenças do aparelho cardiovascular (DAC) são um problema de saúde pública visto que sua ocorrência é a terceira maior causa de internamentos no SUS. Sendo assim o presente estudo teve como objetivo avaliar a relação entre a morbidade por DAC e algumas variáveis climáticas no município de Ponta Grossa, PR, no período de 1998 a 2013. Os dados epidemiológicos de internações juntamente com os dados populacionais foram utilizados para a elaboração da taxa de internação por 10.000 habitantes e analisados juntamente com os dados climáticos por meio do Coeficiente de Correlação de *Pearson* e da Análise de Regressão Linear Múltipla. Os resultados mostraram que as taxas variaram pouco entre um mês e outro, mas se mantiveram ligeiramente mais baixas nos primeiros meses do ano (janeiro a abril) e no final do ano (novembro e dezembro), referentes aos meses mais quentes. Quando a população idosa é analisada separadamente, as taxas de internação não apresentam um padrão específico, mas seus valores apresentam-se mais elevados. Obteve-se correlações e regressões fortes e significativas. O clima atua de forma individualizada nas várias doenças que fazem parte das doenças do aparelho cardiovascular e nos grupos etários indicando que os efeitos do clima sobre a saúde são diversos e específicos.

Palavras- Chaves: Epidemiologia. Morbidade. Climatologia aplicada.

ABSTRACT

Diseases of the cardiovascular system (CVD) are a major public health problem since its occurrence is the third highest cause of hospital admissions in SUS. This study aimed to evaluate the relation between morbidity from CVD and some climatic variables in the city of Ponta Grossa, PR, Brazil, from 1998 to 2013. Epidemiologic data of hospitalizations along with data on population were used for the preparation

Recebido em: 24/05/2015

Aceito para publicação em: 02/09/2015

of the hospitalization rate by 10.000 people and analyzed along with some climatic variables using the Pearson Correlation Coefficient and Multiple Linear Regression analysis. The results showed that the rates varied little considering one month for another, but remained slightly lower in the warmer months of the year (January to April and November and December). When the elderly population was analyzed separately, hospitalization rates do not showed a specific pattern, but their values were higher. There were obtained correlations and regressions strong and significant. The climate acts individually in several diseases that are part of cardiovascular diseases and in age groups, indicating that the effects of climatic variables on health are diverse and specific.

Key words: Epidemiology. Morbidity. Applied climatology.

INTRODUÇÃO

A saúde humana e os fatores que podem abalar o bem estar do homem constituem objetos de estudo amplamente questionados pelos pesquisadores. Nesse sentido, o conhecimento empírico sobre as doenças foi utilizado diversas vezes como fonte de inspiração para o desenvolvimento de estudos, em busca do saber exato das causas para que o homem conseguisse dominar até mesmo as patologias.

Vários estudos demonstram uma grande preocupação em saber como a relação saúde e a meio ambiente se manifesta, tendo em vista que o ambiente externo pode apresentar resultados impactantes na saúde humana, interferindo suficientemente no organismo dos indivíduos ao ponto de provocar um desequilíbrio que se manifesta na condição de enfermidade, (PASQUALINO, 2012).

Decorrente de um permanente contato do homem com o meio ambiente por intermédio de trocas térmicas, hídricas e gasosas, Shaw (1965, apud Souza et al., 2013) afirma que as variáveis climáticas afetam sim a saúde do homem e que podem influenciar direta e indiretamente. O autor considera que a temperatura do ar, umidade do ar, precipitação pluvial (chuva), ventos e pressão atmosférica afetam de forma direta, causando sensação de desconforto, morbidade e mortalidade por doenças isquêmicas. Indiretamente podem causar doenças infecciosas transportadas pelos vetores, ar, água, solo e alimentos.

As doenças do aparelho cardiovascular (DAC) tornaram-se a primeira causa de morte mundial, onde as pessoas vêm a óbito mais por DAC anualmente do que qualquer outra causa, (WHO 2015). A World Health Organization (2015) apresentou estimativa onde, em 2012, cerca de 17,5 milhões de pessoas morreram em decorrência de doenças cardiovasculares, tornando assim os estudos destas doenças muito relevantes para a sociedade atual.

O interesse para compreender quais fatores são necessários para que as doenças do aparelho cardiovascular se manifestem vem do fato de que é necessário traçar um perfil da doença, para que medidas de mitigação e políticas de saúde sejam desenvolvidas. O conhecimento precoce dos riscos cardiovasculares associados às condições climáticas fundamentam medidas preventivas de educação em saúde, necessárias para a diminuição da morbidade.

Devido a pouca quantidade de estudos buscando entender de que forma o clima afeta as doenças isquêmicas, como as doenças do aparelho cardiovascular, e ao fato de que a morbidade por DAC é a terceira maior no Brasil, (DATASUS 2014), pesquisas mais aprofundadas sobre este tema tornam-se de grande relevância epidemiológica.

Na cidade de Ponta Grossa, Paraná, a morbidade por DAC também se apresenta como a terceira maior causa de internações, (DATASUS, 2014), ressaltando a necessidade do desenvolvimento de pesquisas que visem explicar os fatores que levam a essa elevada morbidade regional.

Dentro deste contexto, este trabalho teve como finalidade avaliar a relação entre a morbidade por doenças do aparelho cardiovascular (DAC) e as variáveis climáticas temperatura do ar, precipitação pluvial e umidade relativa do ar no município de Ponta Grossa, PR, no período de 1998 a 2013.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do presente estudo foram analisados dados climatológicos históricos das variáveis climáticas precipitação pluvial (mm), umidade relativa do ar (%) e temperatura média do ar (°C), referentes ao período de 1980 a 2011, obtidos junto à Estação Agrometeorológica do município de Ponta Grossa-PR (Figura 1), situada no Parque Estadual de Vila Velha, com coordenadas geográficas de 25°13' de latitude sul 50°01' de longitude oeste e 880 metros de altitude e pertencente ao Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR. Utilizou-se, na sequência, o Gerador Estocástico de Cenários Climáticos - PGECLIMA_R (VIRGENS E FILHO e col., 2013) para efetuar a correção de falhas para complementação da série histórica no período de 1998 a 2013.

Os dados foram organizados em planilhas e utilizados no desenvolvimento de gráficos, tabelas e demais estatísticas, possibilitando uma análise conjunta da ocorrência das doenças e das variáveis climáticas.

Figura 1 - Cartograma de localização de Ponta Grossa-PR



Fonte: Elaborado por Elisana Milan e Gabriela Leite Neves, 2014.

Segundo a classificação climática de Koeppen, o clima de Ponta Grossa é Cfb considerado quente-temperado, sempre úmido, sendo que o mês mais quente apresenta temperaturas superiores a 22°C e os outros onze meses temperaturas maiores que 10°C, com ocorrência de mais de cinco geadas noturnas por ano. Apresenta temperatura média anual de 17,6°C e possui total médio anual de pluviosidade de 1422,8 mm, sendo que o mês mais chuvoso é janeiro e o mais seco é agosto. Em Ponta Grossa os valores médios de umidade relativa do ar predominam na faixa entre 73 a 80% (MAACK, 2012).

Os dados referentes às internações foram obtidos a partir do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) que classifica as doenças empregando a Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde (CID 10). As doenças do aparelho circulatório correspondem ao Capítulo IX do CID 10, o qual caracteriza as doenças cardiovasculares: Febre reumática aguda, Doença reumática crônica do coração, Doenças hipertensivas, Outras doenças hipertensivas, Infarto agudo do miocárdio, Outras doenças isquêmicas do coração, Embolia pulmonar, Transtornos de condução e arritmias cardíacas, Insuficiência cardíaca, Outras doenças do coração, Doenças cerebrovasculares, Outras doenças cerebrovasculares, Doenças das artérias, arteríolas e capilares, Outras doenças vasculares periféricas, Outras doenças das artérias arteríolas e capilares, Doenças das veias, dos vasos linfáticos e dos gânglios linfáticos e Outras doenças do aparelho circulatório. Foi realizada a filtragem dos dados utilizando apenas internações de residentes em Ponta Grossa e posteriormente discriminando em faixas etárias e em doenças do Capítulo IX.

Para levantamento dos dados referentes à população de Ponta Grossa no período de 1998 a 2013 foram utilizadas as estimativas e censos disponibilizados pelo IBGE. Para os anos sem informações, utilizou-se os registros locais e ajustou-se um modelo de Regressão Exponencial Simples ($r^2=0,99$) para as estimativas populacionais anuais faltantes. Posteriormente, houve a necessidade de se estimar a população por faixa etária, uma vez que a população idosa, acima de 60 anos, foi estudada separadamente. Os dados sobre a população por faixa etária foram obtidos no DATASUS, o qual também utiliza os dados do IBGE, e o modelo de Regressão Exponencial também foi utilizado para obter as estimativas populacionais anuais e mensais.

Foi calculada a Taxa de Internação (TI) para todos os meses, desde janeiro de 1998 até dezembro de 2013, a qual corresponde à divisão do número de internações por DAC pela estimativa da população do referido mês, multiplicado por dez mil. A Taxa de Internação foi dividida em geral e de idosos, onde a geral inclui todas as faixas etárias e a de idosos inclui apenas pessoas acima de 60 anos,

$$TI = \left(\frac{\text{número de internações}}{\text{população}} \right) * 10.000 \quad \text{Eq. 1}$$

As taxas de internações médias mensais juntamente com as médias mensais das variáveis climáticas, já mencionadas anteriormente, foram utilizadas na estimativa do Coeficiente de Correlação de Pearson (r), o qual mensura a o grau de relação mútua entre duas variáveis. O Coeficiente de Pearson pode variar entre -1 a +1 e quanto mais próximos desses valores, mais forte é a associação entre as variáveis analisadas, sendo que 0 significa a ausência de correlação e 1 significa uma correlação perfeita.

O teste de Correlação de Pearson ainda é interpretado dependente do sinal apresentado no resultado, se for positivo significa que quando uma variável aumenta a outra a segue no mesmo sentido e se for negativo elas são inversas, ou seja, enquanto uma variável diminui, a outra variável aumenta.

Para avaliação da significância dos coeficientes de correlação obtidos, utilizou-se o teste t de Student. Para tanto, se o valor do teste t ultrapassar os valores críticos de significância, então o Coeficiente de Pearson é aceito, por conseguir derrubar a hipótese de nulidade de H_0 , a qual preconiza que as variáveis não estão correlacionadas, e conseqüentemente aceitando a hipótese H_1 onde se infere que as variáveis estão correlacionadas.

As taxas de internação também foram avaliadas conjuntamente com os dados referentes às variáveis climáticas para a análise de possíveis interferências do clima nas referidas taxas. Para tanto, realizou-se a análise de modelos matemáticos mensais de regressão linear múltipla para verificar a influência destas variáveis sobre as taxas de internação. O modelo teórico em questão pode ser representado conforme Downing; Clark; (2003), por:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_{i1}X_{i1} + \beta_{i2}X_{i2} + \beta_{i3}X_{i3} + \epsilon_i$$

Eq. 2

Em que: Y é a variável explicada ou dependente (no caso, taxa de internação), ou seja, é o valor que se quer atingir; β_0 , β_1 , β_2 e β_3 são os parâmetros desconhecidos; X_{i1} , X_{i2} e X_{i3} são as variáveis independentes (no caso, variáveis climáticas), que representam o fator explicativo na equação e ϵ_i é o erro residual, na qual procura-se incluir todas as influências no comportamento da variável Y que não podem ser explicadas linearmente pelo comportamento das variáveis X_{i1} , X_{i2} e X_{i3} e os possíveis erros de medição.

Concomitantemente à elaboração dos modelos matemáticos mensais, realizou-se o cálculo dos coeficientes de determinação (R^2 múltiplo) para cada modelo, para analisá-los quanto às suas capacidades de justificar as taxas de internação a partir das variáveis climáticas.

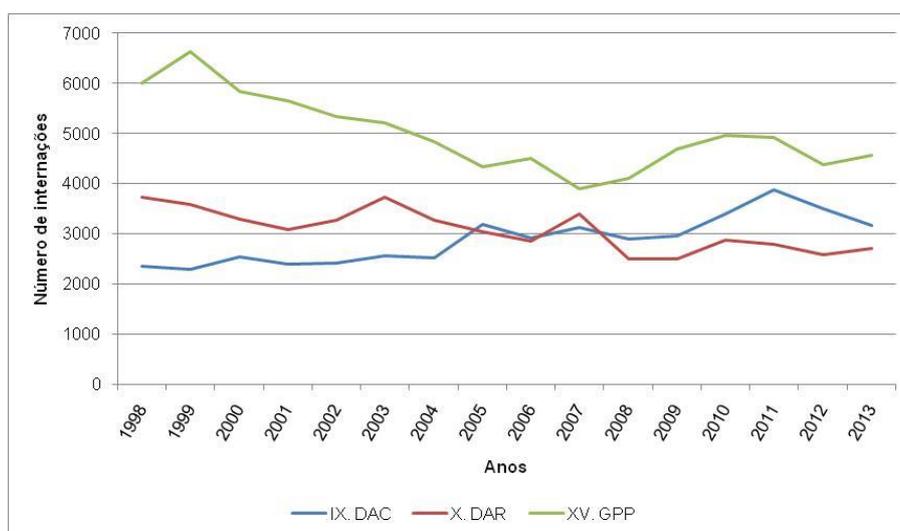
RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Ponta Grossa, PR, entre os anos de 1998 a 2013 apresentou uma morbidade total de 337.462 casos, sendo que 45.965 (13,62%) desses casos foram pelo Capítulo IX do CID 10 que corresponde a Doenças do Aparelho Circulatório, ficando em terceiro lugar nas causas de morbidade. No município, as causas que mais levaram a internações referem-se ao Capítulo XV correspondente a gravidez, parto e puerpério (GPP) que lidera os motivos de internações, sendo seguida pelo Capítulo X das doenças do aparelho respiratório (DAR).

Como se pode observar na Figura 2, a partir de 2008 há uma tendência de aumento das internações por DAC, fazendo com que as DAC ultrapassem as doenças respiratórias, que ocupavam o segundo lugar nas causas de internações.

Tal fato se opõe à perspectiva geral do Brasil, onde as DAC se mantêm em terceiro lugar nas maiores causas de morbidade, também atrás das internações por gravidez, parto e puerpério e pelas doenças respiratórias, respectivamente. Esse comportamento de inversão é pontual e não é seguido nem em nível regional, visto que, no geral, nos estados do sul do país as internações por DAC não ultrapassam as internações por doenças respiratórias, (DATASUS, 2014).

Figura 2 - Maiores causas de morbidade no município de Ponta Grossa-PR, no período de 1998 a 2013, (DAC= Doenças do aparelho cardiovasculares, DAR= Doenças do aparelho respiratório e GPP= gravidez, parto e puerpério).



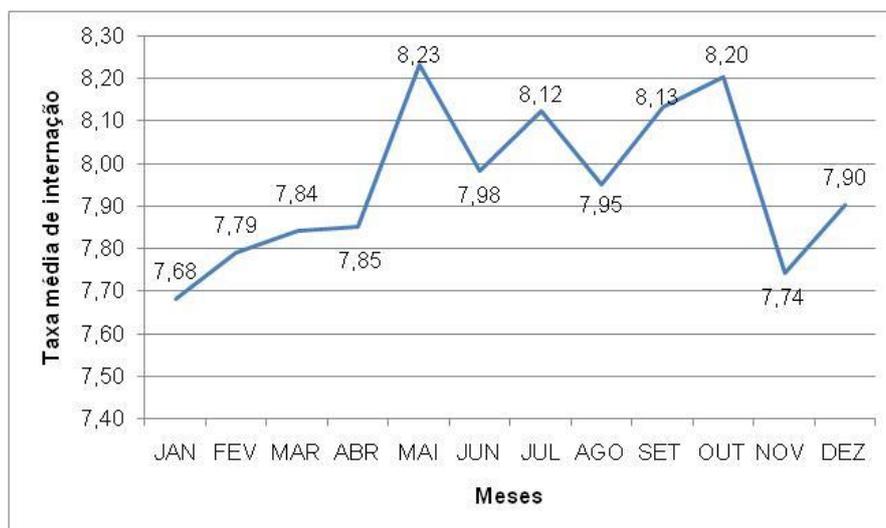
Fonte: DATASUS 2014.

As internações por DAC no município de Ponta Grossa-PR acometem mais a população adulta, acima dos 20 anos de idade, aonde, com o avanço da faixa etária acontece também o crescimento do número de internações. Crianças e adolescentes apresentam poucos registros de internações, sendo que os neonatos, crianças com menos de 1 ano de idade, apresentam um pequeno aumento nas internações, geralmente causados por problemas congênitos de malformação do sistema cardiovascular, relacionado com alguma síndrome genética, (KOBINGER, 2003).

De um modo geral, nas internações por DAC no município de Ponta Grossa, a faixa etária mais acometida é a população de 60 a 69 anos, cuja elevada morbidade pode ser explicada pelo fato da maioria dessas pessoas já terem outras doenças concomitantes, que podem piorar o funcionamento do sistema cardiovascular, elevando o número de internações, evidenciando a importância de se monitorar a população idosa, acima de 60 anos, (ZASLAVSKY e GUS, 2002). A comorbidade no idoso, como bem aponta Duarte e Rego (2007), é um dos fatores de risco para doenças e que uma patologia pode ser fator determinante para o aparecimento de outra, como sugere o caso de depressão que pode levar a cardiopatias, onde tal associação pode ser vista num sentido bidirecional. Essa discussão ainda é endossada por Tengi et al. (2005) o qual aponta o aumento de morbidade de pacientes cardíacos depressivos e que a depressão aumenta o risco cardíaco. Brucker (2013) afirma que a comorbidade (diabetes e hipertensão) é fator de alto risco de eventos cardiovasculares e que esses indivíduos são mais vulneráveis às ações adversas do ambiente externo.

Com o intuito de verificar o comportamento das internações no município de Ponta Grossa-PR, calculou-se uma taxa média mensal de internação geral e outra sazonal (Figuras 3 e 4), as quais não mostraram um padrão regular. Verificou-se que as taxas variaram pouco entre um mês e outro, mas se mantiveram ligeiramente mais baixas nos primeiros meses do ano (janeiro a abril) e no final do ano (novembro e dezembro), correspondentes aos meses com temperaturas e umidades relativas do ar mais elevadas. É importante lembrar que a taxa média geral refere-se ao número total de internações sem distinção de faixas etárias.

Figura 3 - Taxa média mensal de internação geral por DAC no município de Ponta Grossa, PR, nos anos de 1998 a 2013.



Fonte: DATASUS 2014

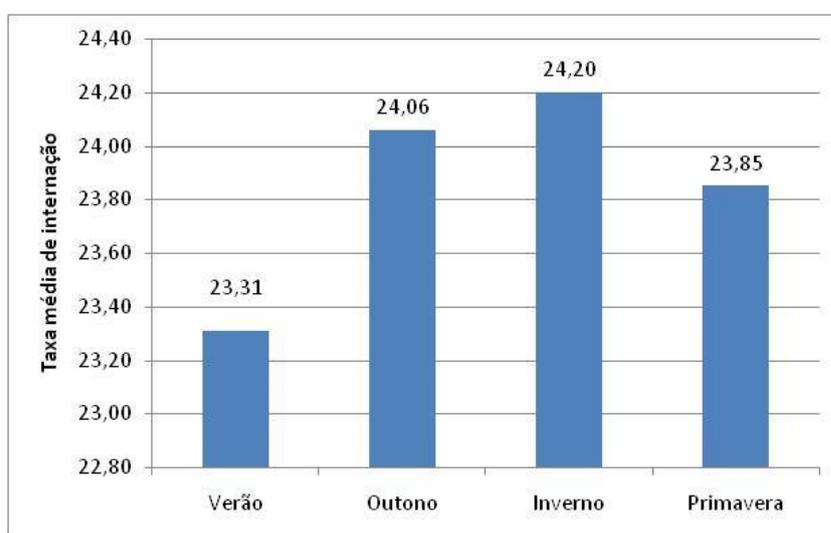
Ao ser analisada sazonalmente, a taxa apresentou uma tendência de aumento no outono e o maior pico no inverno, ou seja, à medida que a atmosfera apresenta um quadro geral de

resfriamento e com o ar mais seco. Conforme observado em outros estudos, o frio provoca uma constrição nos vasos sanguíneos podendo aumentar assim as internações por hipertensão arterial, insuficiência cardíaca, acidente vascular cerebral, trombose e embolia. Serra (1974 apud NOGUEIRA et al., 2011) salienta que a tensão arterial diminui no verão e aumenta no inverno, favorecendo patologias como o infarto e o acidente vascular cerebral.

Além da vasoconstrição que as temperaturas do ar mais baixas ocasionam, Sherovsky et al. (2004 apud SOUZA et al., 2012) sugerem ainda dois fatores fisiológicos que se alteram com temperaturas baixas. O primeiro seria a maior ocorrência de inflamações respiratórias que influenciam em patologias do sistema cardiovascular e o segundo seria a maior ativação dos fatores formadores de coágulos, ocasionando assim a maior ocorrência de doenças isquêmicas tais como o infarto.

Vale ressaltar que é no inverno que a poluição atmosférica apresenta índices mais elevados (GOUVEIA et al., 2003; GOUVEIA et al., 2006; BRAGA et al., 2007), esta podendo também ser a causa do aumento de internações por doenças cardiovasculares. A poluição atmosférica vem sendo cada vez mais associada à causa de doenças cardiovasculares, principalmente o material particulado fino e ultrafino, sendo que estas podem contribuir tanto para eventos agudos (aumento de internações por arritmias, doenças isquêmicas do miocárdio e cerebral) como crônicos (aumento de doenças cerebrovasculares e cardíacas). A poluição do ar tem sido associada ao aumento da viscosidade sanguínea, de marcadores inflamatórios, com a progressão da arteriosclerose e instabilização das placas de ateroma, a alterações da coagulação, à redução da variabilidade da frequência cardíaca, à vasoconstrição e ao aumento da pressão arterial, todos estes sendo fatores de risco para doenças cardiovasculares, (NOGUEIRA, 2009; CANÇADO et al., 2006).

Figura 4 - Taxa média sazonal de internação geral por DAC no município de Ponta Grossa-PR, nos anos de 1998 a 2013.



Fonte: DATASUS 2014

Tendo em vista que 55,37% das internações por DAC observadas no período era de idosos, viu-se a necessidade de se calcular uma taxa média de internação de idosos, tanto mensal quanto sazonalmente (Figuras 5 e 6), para efetuar uma análise mais detalhada deste segmento da população tão acometida pelas DAC, mas com características tão diferentes do resto dos adultos.

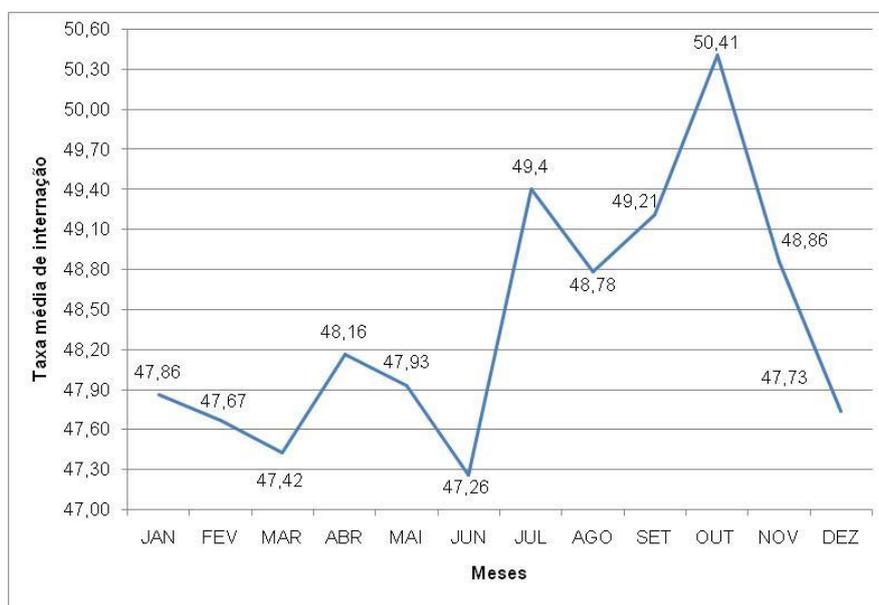
Zaslavsky e Gus (2002) salienta que é importante pensar que o idoso possui condições fisiológicas, fisiopatológicas e sociais diferentes do resto da população, assim constituindo uma faixa etária com necessidades e características próprias, que devem ser estudadas separadamente.

Os idosos são mais propensos a desenvolver doenças cardiovasculares, pois com o avançar dos anos o sistema cardiovascular passa por alterações que possibilitam o desenvolvimento de patologias, como a deposição de LDL (*Low density lipoprotein*) nos vasos produzindo aterosclerose fazendo com que a circulação sanguínea fique comprometida e haja perda da capacidade de distensão de veias e artérias por uma função barorreceptora ineficaz, fatores que são causadores de doenças cardiovasculares, (ZASLAVSKY e GUS, 2002).

Quando a população idosa é analisada separadamente (Figura 5), a taxa de internação (que está entre 47,26 e 50,41) não demonstra um padrão específico e sua variação entre os meses do ano é relativamente pequena, assim como a taxa geral (que está entre 7,68 e 8,23) apresentada na Figura 3. Em contrapartida os valores apresentados pela taxa de idosos são em média seis vezes maiores do que aqueles obtidos com a taxa geral. As taxas de idosos mantiveram-se ligeiramente mais baixas nos meses mais quentes do ano (dezembro a março) e um pouco mais elevadas nos meses de temperaturas mais amenas (julho a outubro).

Genaro (2011) conclui que os idosos são o grupo etário que possui uma maior “climatosensibilidade”, ou seja, as variações climáticas são sentidas mais intensamente nessa a faixa de idade, a qual deve-se a sua alta vulnerabilidade, provocada, sobretudo, pela saúde mais debilitada. A hipótese de que existem diferentes vulnerabilidades em relação ao clima é citada também por Hajat (2007 apud ALMENDRA, 2010), onde este afirma que existem diferentes graus de resistência ao frio na Europa.

Figura 5 - Taxa média mensal de internação de idosos por DAC no município de Ponta Grossa, PR, no período de 1998 a 2013.



Fonte: DATASUS 2014

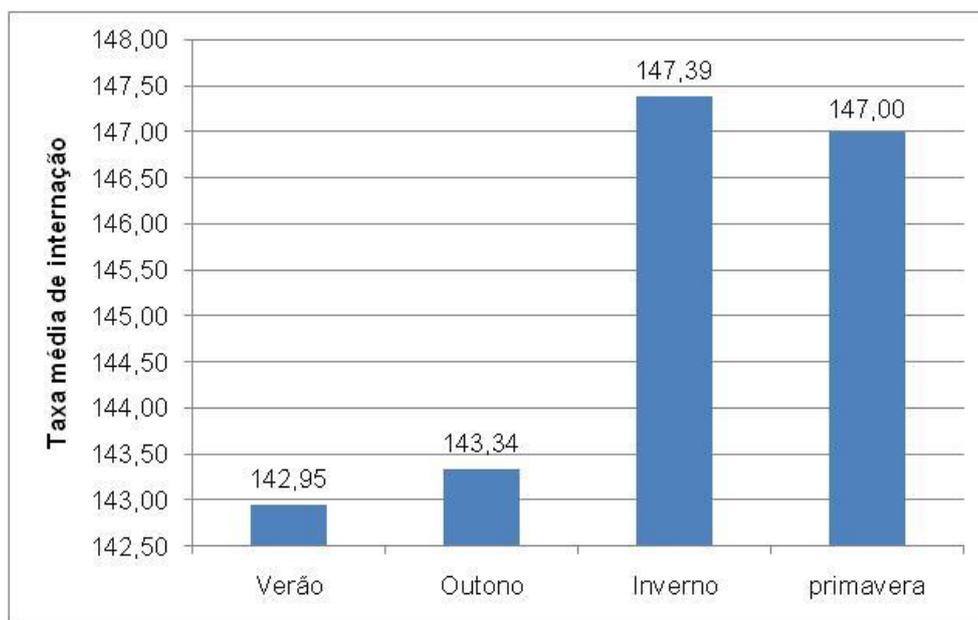
De modo sazonal (Figura 6) a taxa se comporta como sendo mais baixa no verão e começa a se elevar no outono, apresentando valores mais altos no inverno e primavera, concordando com o trabalho de Silva (2010) que também obteve taxas de internações de idosos mais

elevadas nos meses de inverno e primavera, evidenciando que à medida que a temperatura do ar diminuiu a taxa de internação aumentou, conforme o esperado para as patologias que envolvem vasos sanguíneos e que podem sofrer com dilatações e contrações influenciadas pela temperatura do ambiente.

Castro (2000 apud NOGUEIRA et al., 2011) aponta que o coração trabalha melhor em temperaturas mais altas, porque no inverno a temperatura corporal cai do seu normal (36,5°C) para um estado de hipotermia, e que nessa situação a capacidade de produção de energia é perdida, processo esse que pode ser fatal, sendo que a falência cardíaca é a principal causa de morte.

O organismo, visando a geração de calor nos períodos mais frios, intensifica a atividade muscular ocasionando assim uma sobrecarga no coração. Sendo assim, a atividade cardíaca é mais eficiente em temperaturas mais altas (Pitton 2008 apud GENARO, 2011).

Figura 6 - Taxa média sazonal de internação de idosos por DAC no município de Ponta Grossa, PR, no período de 1998 a 2013.



Fonte: DATASUS 2014

Com a finalidade de se estabelecer possíveis correlações e o grau de dependência entre as variáveis climáticas e as taxas de internação, serão discutidos, na sequência, alguns resultados obtidos.

Considerando-se a taxa de internação geral, verificou-se fortes correlações negativas com as temperaturas mínimas, médias e máximas (Tabela 1), expressas pelo coeficiente de correlação de Pearson. Estas correlações foram altamente significativas e evidenciadas também pelos testes de significância dos referidos coeficientes de correlação, por meio da utilização do teste t de Student. Os valores dos coeficientes de correlação foram muito próximos para as temperaturas, onde as melhores correlações obtidas foram para a taxa de internação geral com a temperatura mínima do ar ($r = -0,7269$; $p = 0,0074$) e máxima ($r = -0,7261$; $p = 0,0075$), respectivamente. Para a umidade do ar e precipitação pluvial não foram obtidas correlações significativas para as taxas de internação geral.

O sinal negativo do coeficiente de correlação sugere que a taxa de internação se eleva à medida que há um decréscimo da temperatura. Lemos et al. (2012) identificou que residir em locais de clima frio e úmido contribui para episódios de síndrome coronariana aguda, sendo este um fator de risco para desenvolver doenças cardiovasculares isquêmicas mais graves.

Silva (2010) também aponta a importância do estudo sobre a influência da temperatura do ar na saúde humana, visto que os processos fisiológicos de termorregulação e regulação circulatória, responsáveis pela sensação de frio e calor, são dependentes da temperatura do ambiente atmosférico, e são vitais para que o ser humano desenvolva suas funções eficientemente.

Tabela 1 - Correlações entre as taxas de internação geral e de idosos e as variáveis climáticas.

	Taxa média mensal de internação geral		Taxa média mensal de internação de idosos	
	r (Pearson)	(p)	r (Pearson)	(p)
Temperatura média	-0,7150	0,0089	-0,2946	0,3525
Temperatura mínima	-0,7269	0,0074	-0,2470	0,4388
Temperatura máxima	-0,7261	0,0075	-0,2542	0,4253
Umidade relativa	-0,0236	0,9421	-0,5862	0,0451
Precipitação pluvial	-0,0883	0,7850	-0,0809	0,8027

Em contraposição à taxa geral, a taxa de internação de idosos revelou correlações fracas e não significativas quando associadas às temperaturas e à precipitação pluvial. Verificou-se significância do coeficiente de correlação de Pearson somente para a umidade relativa do ar ($p = 0,0451$), cuja correlação mostrou-se mediana ($r = -0,5862$). Souza et al. (2010) observou que em dias com baixos valores de umidade relativa do ar houve um aumento da incidência de casos de hipertensão arterial, indicando assim a presença de um conjunto muito mais amplo e complexo de variáveis quando se analisa este grupo etário separadamente.

Foi possível verificar ainda que em todos os casos o coeficiente de correlação de Pearson variou inversamente ao serem analisadas as variáveis climáticas em relação às taxas de internação.

Na Tabela 2 são apresentadas as equações de regressão para estimativa das taxas de internação mensais em Ponta Grossa-PR, no período de 1998 a 2013. Observa-se que nessa localidade, na maioria dos meses, foram obtidos ajustes fracos, considerando-se o coeficiente de Determinação (R^2), em que os modelos baseados nos elementos climáticos temperatura máxima do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica, foram incapazes de justificar amplamente as taxas médias mensais de internação.

Tais resultados evidenciam que somente as alterações nos valores médios mensais desses elementos climáticos não foram suficientes para representar uma tendência local da enfermidade em questão. Além disso, os coeficientes de correlação (R) observados conjuntamente para as variáveis climáticas apresentaram valores bem mais baixos do que na análise de cada variável climática isoladamente, já discutida anteriormente.

Tabela 2 - Modelos mensais de Regressão linear múltipla e seus respectivos coeficientes de correlação (R) e regressão (R²) para a estimativa da Taxa de Internação Geral, no período de 1998 a 2013, na localidade de Ponta Grossa-PR.

	Modelo de Regressão	R	R ²
Janeiro	TI= + 0,6420 + 2,3649* Tmáx - 0,1122* UR + 0,0016* Prec	0,3719	0,1383
Fevereiro	TI= + 0,8013 + 2,6113* Tmáx + 0,8097* UR + 0,0003* Prec	0,4085	0,1669
Março	TI= + 2,9403 - 1,7863* Tmáx + 0,3675* UR - 0,0361* Prec	0,6509	0,4237
Abril	TI= + 0,3226 + 0,0983* Tmáx + 0,3281* UR - 0,0143* Prec	0,2732	0,0746
Mai	TI= + 0,3377 + 0,7031* Tmáx + 0,0737* UR + 0,0029* Prec	0,2790	0,0778
Junho	TI= + 1,6161 + 1,0062* Tmáx - 0,2531* UR + 0,0172* Prec	0,5364	0,2868
Julho	TI= + 0,3914 - 0,4321* Tmáx - 0,2864* UR + 0,0005* Prec	0,2986	0,0891
Agosto	TI= + 1,0925 + 0,6574* Tmáx + 0,0001* UR - 0,0220* Prec	0,4632	0,2145
Setembro	TI= + 1,5330 - 2,5559* Tmáx + 0,0048* UR - 0,0063* Prec	0,5264	0,2771
Outubro	TI= + 3,5538 + 1,8413* Tmáx - 0,0493* UR - 0,0167* Prec	0,6559	0,4705
Novembro	TI= + 0,4817 - 1,2243* Tmáx + 0,0711* UR + 0,0193* Prec	0,3279	0,1075
Dezembro	TI= + 0,7226 + 2,4358* Tmáx + 0,0055* UR - 0,0091* Prec	0,3912	0,1530
Anual	TI= + 5,0338 - 0,0599* Tmáx - 0,0089* UR + 0,0025* Prec	0,8085	0,6537

Legenda:

TI: Taxa de Internação

Tmáx: Temperatura máxima do ar

UR: Umidade Relativa do Ar

Prec: Precipitação Pluvial

Os meses de março e outubro, ambos com temperaturas máximas mais altas que as do inverno, foram os únicos que apresentaram coeficientes de determinação mais elevados em relação aos demais meses (0,4247 e 0,4705 respectivamente). O que difere nesses meses é a variável que mais contribui para o valor da regressão, sendo em março a precipitação pluviométrica ($p= 0,0165$) e em outubro a temperatura máxima ($p= 0,0480$), apesar de o município de Ponta Grossa apresentar chuvas bem distribuídas em todos os meses e outubro não ser o mês mais quente do ano, (MAACK, 2012).

Com o aumento da temperatura há uma elevação da eliminação do suor que pode levar a uma redução do volume plasmático e queda da pressão arterial. Além disso, há aumento na viscosidade do sangue, causada pela concentração de hemácias, plaquetas e colesterol. A queda da pressão arterial reduz o fluxo sanguíneo nas arteríolas e as plaquetas junto com o colesterol, facilitam o aparecimento de trombos. Estes se envolvem em ateromas e pela interrupção do fluxo sanguíneo para os tecidos causam infarto do miocárdio ou acidente vascular cerebral, conforme o órgão afetado (KEATINGE 1986 apud RUMEL et al., 1993).

Os meses restantes, assim como na análise sazonal, obtiveram resultados fracos, com pouca explicação das variáveis sobre a taxa. Entretanto pode-se observar que nos primeiros meses do ano há uma tendência de aumento nos valores, até atingir o mês de março, o mesmo acontece com os meses de inverno onde os resultados atingem o maior valor de R² em outubro. Tal comportamento impossibilita uma conclusão definitiva visto que os dois períodos têm temperaturas máximas diferentes, não podendo afirmar se são as temperaturas máximas do verão ou as do inverno que conseguem explicar as taxas.

Os resultados das regressões realizadas (Tabela 3) com a taxa de internação de idosos juntamente com as variáveis: temperatura máxima, umidade relativa do ar e precipitação pluvial foram insatisfatoriamente explicativos, visto que obteve-se, tanto mensalmente quanto sazonalmente, resultados fracos e com pouca significância.

O melhor resultado encontrado nas regressões com a taxa de idosos foi no mês de julho, que obteve um coeficiente de determinação de 0,3850, e que teve como variável mais explicativa a temperatura máxima do ar ($p= 0,0220$). Resultando, assim, que os modelos regressivos para taxas de internação relativas aos idosos apresentam baixa capacidade de explicação de uma tendência de comportamento quando consideram-se somente as alterações das variáveis climáticas analisadas.

Tabela 3 - Modelos mensais de Regressão linear múltipla e seus respectivos coeficientes de correlação (R) e regressão (R^2) para a estimativa da Taxa de Internação de Idosos, no período de 1998 a 2013, na localidade de Ponta Grossa-PR.

	Modelo de Regressão	R	R^2
Janeiro	TI= + 0,7722 + 11,8437 *Tmáx - 81,8124 *UR - 0,0413 *Prec	0,4023	0,1618
Fevereiro	TI= +1,1968 +18,0767 *Tmáx + 239,2103 *UR + 0,0887 *Prec	0,4799	0,2303
Março	TI= + 0,8627 - 5,1363 *Tmáx + 121,7823 *UR - 0,1190 *Prec	0,4212	0,1774
Abril	TI= + 0,6927 - 4,7395 *Tmáx + 31,8502 *UR - 0,0981 *Prec	0,3842	0,1476
Mai	TI= + 0,4607 + 4,1366 *Tmáx + 13,6813 *UR - 0,0373 *Prec	0,3214	0,1033
Junho	TI= + 0,8120 + 5,1842 *Tmáx - 18,6430 *UR + 0,0656 *Prec	0,4108	0,1687
Julho	TI= + 2,5044 - 12,2709 *Tmáx + 19,1116 *UR - 0,0867 *Prec	0,6205	0,3850
Agosto	TI= + 1,1392 - 5,1982 *Tmáx - 162,0521 *UR - 0,2003 *Prec	0,4708	0,2217
Setembro	TI= + 1,6287 - 6,2029 *Tmáx - 177,4431 *UR + 0,1406 *Prec	0,5379	0,2894
Outubro	TI= + 1,5715 + 9,5238 *Tmáx + 197,8554 *UR + 0,0728 *Prec	0,5311	0,2821
Novembro	TI= +0,9128 - 15,9277 *Tmáx + 123,0185 *UR + 0,0481 *Prec	0,4311	0,1858
Dezembro	TI= + 1,5753 + 14,5111 *Tmáx - 13,2167 *UR - 0,0434 *Prec	0,5316	0,2826
Anual	TI= + 2,4773 - 0,1332 *Tmáx - 0,2368 *UR + 0,0105 *Prec	0,6940	0,4816

Legenda:

TI: Taxa de Internação

Tmáx: Temperatura máxima do ar

UR: Umidade Relativa do Ar

Prec: Precipitação Pluvial

Assim como o estudo de Souza et al. (2013) que não conseguiu encontrar resultados de correlações relevantes entre a insuficiência coronariana e a temperatura no município de Campina Grande-PB, as análises estatísticas com as variáveis climáticas e internações por DAC no município de Ponta Grossa-PR não conseguiram alcançar resultados relevantes. Isso confirma a hipótese de que a multifatorialidade das doenças cardiovasculares exercem uma importância muito maior na morbidade por DAC do que somente as variáveis climáticas.

Há ainda a hipótese de que as variáveis climáticas avaliadas neste estudo não sejam suficientes para a explicação da taxa e que se agrupadas com outras variáveis tais como: chuvas fortes e isoladas, longo período de seca, mudanças térmicas bruscas, elevada umidade relativa no verão e baixa umidade relativa no inverno, grandes amplitudes térmicas diárias, poderiam aumentar os resultados estatísticos, visto que estas variáveis exerceram influência em estudos constatados por Souza et al.(2011) e Pitton e Domingos (2004, apud PASQUALINO, 2012).

Souza et al. (2013) afirma que para o desenvolvimento de coronariopatias necessita-se de uma predisposição genética e fatores ambientais e ressalva que a influência de tais fatores sobre a saúde humana é complexa e necessita de uma avaliação conjunta e interdisciplinar dos profissionais de saúde e climatologia, dentre outros, para entender tal relação.

CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos neste trabalho foi observado que as patologias do sistema cardiovascular são influenciadas tanto pelas temperaturas máximas como também pelas mínimas, uma vez que ficou entendido que a temperatura do ar colabora bidirecionalmente para retirar o sistema cardiovascular de sua homeostasia e com isso provocar a ocorrência de patologias.

Após a análise da associação dos dados referentes às variáveis climáticas e a taxa de internação, concluiu-se que a temperatura do ar é a variável que mais se correlaciona com a taxa de internação, sendo esta variável a mais explicativa para o aumento da taxa, tanto geral quanto para idosos.

Nos modelos de regressão linear múltipla, foi observada uma forte correlação somente entre a taxa de internação média anual geral e as variáveis climáticas temperatura máxima do ar, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar, demonstrados através dos coeficientes de regressão e correlação. No caso específico do grupo de idosos, estes coeficientes anuais de ajuste mostraram-se ainda mais baixos.

Considerando-se ainda os modelos mensais de regressão linear múltipla, os coeficientes de correlação e regressão para a estimativa da taxa de internação geral, assim como para a estimativa da taxa de internação de Idosos, mantiveram-se baixos na maioria dos meses.

Em todos os casos analisados, o coeficiente de correlação de Pearson variou inversamente ao serem avaliadas as variáveis climáticas em relação às taxas de internação, tanto gerais quanto de idosos, sugerindo que a taxa de internação se eleva à medida que há um decréscimo da temperatura do ar.

Sazonalmente as taxas de internações, tanto geral quanto de idosos, apresentaram-se mais baixas no verão (janeiro, fevereiro e março), com aumento no outono (abril, maio e junho) e com pico no inverno (julho, agosto e setembro). Em ambos os casos, na primavera as taxas voltam a decrescer.

Também foi possível constatar que o clima atua de forma individualizada nas várias doenças que fazem parte das doenças do aparelho cardiovascular e nos grupos etários indicando que os efeitos do clima sobre a saúde são diversos e específicos, sugerindo a necessidade de mais estudos com a mesma abordagem em outros locais (municípios ou regiões) e por períodos mais prolongados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMENDRA, R.; **Geografia da doença cardiovascular: Enfarte Agudo do Miocárdio – padrões e sazonalidade.** 2010, 97. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana, Ordenamento do Território e Desenvolvimento). Universidade de Coimbra, Coimbra, 2010.

BRAGA, A.L.F.; et al. Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, p. 570-578, 2007.

BRUCKER, N; **Exposição humana a xenobióticos ambientais e sua inter-relação com danos oxidativos e a função cardiovascular.** 2013, 197. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

CANÇADO, J.E.D.; et al. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. **J Bras Pneumol.** v. 32, n. 1, p. S5-S11, 2006.

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICO DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE. DATASUS. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0203>> Acesso em 07 de dezembro de 2014

DUARTE, M.B.; REGO, M.A.V. Comorbidade entre depressão e doenças clínicas em um ambulatório de geriatria. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, p. 691-700, mar. 2007

DOWNING, D.; CLARK, J. Regressão Linear Múltipla. In: _____. **Estatística Aplicada.** 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2003. p.263-277.

GENARO, V. **Relações entre o tempo atmosférico e doenças cardiorespiratórias na cidade de Cordeirópolis- SP**. 2011, 153. Tese (Doutorado em Organização do Espaço). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro-SP, dezembro de 2011.

GOUVEIA, N.; et al. Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no Município de São Paulo, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 12, p. 2669-2677, dez. 2006.

GOUVEIA, N.; et al. Poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**. v. 12, n. 1, p. 29 – 40, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=411990>> Acesso em 08 de março de 2014.

KOBINGER, M.E.B.A; Avaliação do sopro cardíaco na infância. **Jornal de Pediatria**. v.79, n. 1, 2003.

LEMOS, D. M.; et al. Gatilho de dor em pacientes com síndrome coronariana aguda. **Revista de Enfermagem da UFSM**. v. 2, n. 3, p. 480-486, set./dez. 2012.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 4. ed. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2012. P. 165-245.

NOGUEIRA, J.B. Poluição Atmosférica e Doenças Cardiovasculares. **Rev Port Cardiol**. v. 28, p. 715-33, 2009.

NOGUEIRA, V.B.M.; et al. Efeitos das alterações climáticas e antrópicas na saúde do idoso. **RBCEH**. v. 8, n. 1, p. 88-106, jan./abr. 2011

PASCOALINO, A. Variações atmosféricas e saúde: influências da sazonalidade e dos tipos de tempo de inverno na mortalidade por doenças cardiovasculares na cidade de Limeira/SP. **ACTA Geográfica**. Ed. Esp. Climatologia Geográfica, p.239-256, 2012.

RUMEL, D.; et al. Infarto do miocárdio e acidente vascular cerebral associados à alta temperatura e monóxido de carbono em área metropolitana do sudeste do Brasil. **Revista Saúde Pública**. v. 27, n. 1, 1993.

SILVA, E.N. **Ambientes atmosféricos intraurbanos na cidade de São Paulo e possíveis correlações com doenças dos aparelhos: respiratório e circulatório**. 2010, 215 f. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SOUZA, V. C.; SOUZA, E.P; SILVA, S.S.F. Hipertensão arterial: uma visão sazonal da estratégia Saúde da Família no município de Areia- Paraíba. **Revista Saúde Pública**. v. 4, n. 1, jul./dez. 2011.

SOUZA, V. C.; SOUZA, E.P.; SILVA, S.S.F. Mapeando o cenário das doenças coronarianas: reflexões acerca das implicações meteorológicas. **Polêm!ca – LABORE**. v. 11, n. 1, p. 113-120, 2012.

SOUZA, V.C.; SILVA, S.S.F.; LACERDA, C.S.; Ambiente atmosférico (clima) e a ocorrência da insuficiência coronariana em Campina Grande- Pb. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE, 1, 2013, João Pessoa- Pb. **Anais...João Pessoa**, 2013, p 590-592.

TENGI, C.G.; HUMES, E.C.; DEMETRIO, F.N. Depressão e comorbidades clínicas. **Revista Psiquiatria Clínica**. v. 32, n. 3, p. 149-159, 2005.

VIRGENS FILHO, J. S. das. et al. Desempenho dos modelos Cligen, Lars-WG e PGECLIMA_R na simulação de séries diárias de temperatura máxima do ar para localidades do estado do Paraná. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.33, n.3, p.538-547, 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO. Disponível em <http://www.who.int/topics/cardiovascular_diseases/en/> Acesso em 07 de fevereiro de 2015.

ZASLAVSKY, C.; GUS, I. Idosos, doença cardíacas e comorbidades. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, v. 79 , n. 6, p. 635-9, 2002.