

TERMODINÂMICA DA FORMAÇÃO DAS CHUVAS

Diogo Alexandre Silva Santos¹; Luzia Aguiar de Medeiros¹; Marcos Aurélio Duarte Carvalho²

Resumo: As chuvas são o retorno da água à superfície, depois de ter passado da fase líquida à fase gasosa. A compreensão da termodinâmica das chuvas, desde a formação das nuvens até a sua precipitação, foi o alvo deste estudo. A técnica para induzir as chuvas, conhecida como semeadura de nuvens, consiste na adição de núcleos de gelo em nuvens com alto teor de vapor de água. Porém há grandes controvérsias sobre o custo benefício. Esse estudo é pertinente uma vez que o clima influencia nos processos de ocupação humana e desenvolvimento econômico.

Palavras-chave: Termodinâmica. Pressão de vapor. Precipitação.

Introdução

A precipitação é o retorno à superfície terrestre da água que passou da fase líquida à fase vapor, processo que recebe o nome de evaporação. Quando o vapor de água que se encontra na atmosfera, sob a forma de nuvem, tem a sua temperatura reduzida, a mesma passa a se encontrar em seu ponto de orvalho. Este ponto é caracterizado pelo fato que a pressão parcial do vapor de água é igual a pressão de vapor da água, dessa forma, o vapor se condensa em gotículas. Segundo SANTOS (2016), quando as gotículas formadas crescem, fenômeno denominado coalescência, elas irão precipitar, desde que o seu tamanho seja grande o suficiente para que a força peso que age sobre elas seja maior que a resistência do ar e as correntes de ar ascendentes. A intenção desse projeto foi um estudo bibliográfico à cerca da termodinâmica do clima mais precisamente a formação das chuvas. Esse estudo é pertinente uma vez que o clima influencia nos processos de ocupação humana e desenvolvimento econômico.

Metodologia

O desenvolvimento deste projeto iniciou-se com a revisão bibliográfica acerca da termodinâmica dos fenômenos meteorológicos. Além disso, buscou-se na literatura possíveis soluções para a falta de abastecimento de água nas cidades.

Resultados e Discussão

1 Acadêmico do curso de Engenharia Química do IFNMG, Campus Montes Claros. Bolsista de Iniciação Científica da CAPES. Email: diogoassantos1@hotmail.com

1 Acadêmico do curso de Engenharia Química do IFNMG, Campus Montes Claros. Bolsista de Iniciação Científica do IFNMG. Email: luzia.agm@gmail.com

2 Docente do IFNMG, Campus Montes Claros. Curso de Engenharia Química. Email: carvalhomad@gmail.com

A formação das nuvens se dá por dois processos de condensação. Segundo GRIMM (1999), o primeiro quando o ar deve está saturado, o que ocorre quando o ar é resfriado abaixo de seu ponto de orvalho, o que é mais comum, ou quando o vapor d'água é adicionado ao ar. O segundo, é quando o vapor entra em contato com uma superfície. Quando o contato é próximo ou no solo, forma-se orvalho, mas se o contato ocorrer acima do solo, partículas extremamente pequenas, conhecidas como núcleos de condensação ou núcleo de gelo, desempenharão o papel da superfície, fazendo o vapor se condensar. A atmosfera contém abundância de núcleos de condensação, como partículas microscópicas de poeira, fumaça e sal, que fornecem superfícies relativamente grandes sobre as quais a condensação ou deposição pode ocorrer. Como alguns núcleos de condensação são relativamente grandes e muitos são higroscópicos, podemos esperar desenvolvimento de nuvens quando a umidade relativa está próxima dos 100%.

Os núcleos de gelo existem naturalmente, mas podem ser criados artificialmente. Segundo CIÊNCIA E TECNOLOGIA (2013), tal processo de adicionar núcleos de gelo nas nuvens é denominado sementeira de nuvens.

A sementeira de nuvens é executada desde a década de 1940. Todavia, há controvérsias sobre a eficácia e custo-benefício da sementeira de nuvens. Segundo ROSENFELD et. al, (2015), que realiza estudo sobre a sementeira de nuvens desde os anos de 1960 em Israel, os dados sobre a eficiência da sementeira de nuvens para se abastecer uma região são inconclusivos, além disso, há um grande custo operacional para se realizar a mesma. Outro ponto a destacar, é o fato da sementeira de nuvem ser localizada, ela só faz cair chuva na nuvem que está carregada, não sendo assim possível abastecer uma região por este método.

Nas primeiras décadas, era utilizado iodeto de prata ou cloreto de sódio como núcleo de gelo para indução de chuvas, o que gerava impacto ambiental. No Brasil, a empresa ModClima®, contratada pela SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) para induzir chuvas no sistema Cantareira, utiliza gotículas de água potável de tamanho controlado, lançadas em regime de turbulência no interior das nuvens, conseguindo dessa forma, promover o crescimento vertical da nuvem semeada e gerar precipitação após cerca de 20 a 40 minutos de sementeira.

Conforme Grimm, foi observado experimentalmente que o ar livre de qualquer aerossol, agente que serve como núcleo de gelo, a condensação do vapor de água é improvável. Sendo que a condensação só irá ocorrer se a atmosfera estiver supersaturada. Significando assim que a umidade relativa do ar é superior a 100%. Dessa forma, conclui-se que os núcleos de gelo são de extrema importância para a ocorrência da precipitação.

Nem todas as nuvens formadas geram chuva. Isso ocorre porque para uma gota se precipitar, chegando até o chão, ela tem que ter um tamanho mínimo. De acordo com Grimm, gotículas muito pequenas, mesmo que não houvessem correntes ascendentes, não chegariam ao chão. Uma vez que a mesma evaporaria completamente durante a queda. Numa atmosfera real, as gotas de chuva formadas tem que adquirir tamanho suficiente para cair. Dessa forma, as gotículas de água

nas nuvens competem pela água disponível para poder crescer. Porém, quando a nuvem não possui muita água disponível, as gotículas não atingem o tamanho mínimo e conseqüentemente não se precipitam.

Conclusões

O ciclo hidrológico ocorre devido a energia solar fornecida à água dos reservatórios oceânicos e terrestres. Os fenômenos de formação de nuvens, condensação e evaporação, são aplicações dos conceitos de termodinâmica e de equilíbrio de fases. Após este estudo, conclui-se que os fenômenos meteorológicos estão intimamente ligados com a termodinâmica e transferência de calor. Essas pesquisas são realizadas em busca de soluções limpas e sustentáveis para diminuir os efeitos das mudanças climáticas, aquecimento global, promover a recuperação do clima e do meio ambiente.

Referências

CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Chuva Artificial | O Bombardeamento de Nuvens (Nucleação Artificial)**. 2013. Disponível em: <http://cienciaetecnologias.com/chuva-artificial/>. Acesso: março de 2016.

GRIMM, Alice Marlene. **Meteorologia Básica**. UFPR. 1999. Disponível em: <http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/>. Acesso: março de 2016.

ROSNFELD, D; EVAL, F; KOUSSEVITZKY, H. **Cloud microphysical background for the Israel-4 cloud seeding experimente**. 2015. Disponível em: <http://adsabs.harvard.edu/abs/2015AtmRe.158..122F>. Acesso: setembro de 2015.

SANTOS, Alexandre Rosa dos. **Apostila Precipitação Atmosférica**. UFES. Disponível em: www.mundogeomatica.com.br/CL/ApostilaTeoricaCL/Capitulo4precipitacaoAtmosferica.pdf. Acesso: março de 2016.

Agradecimentos

Agradecemos a CAPES e ao IFNMG pelo auxílio financeiro.