

## INFLUÊNCIA DA RADIAÇÃO SOLAR NA CAFEICULTURA DE MONTANHA

Williams Pinto Marques Ferreira<sup>1</sup>, Elpídio Inácio Fernandez Filho<sup>2</sup>, Marcelo de Freitas Ribeiro<sup>3</sup>, Cecília de Fátima Souza<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Pesquisador, D.S. Embrapa Café, Viçosa-MG, [williams.ferreira@embrapa.br](mailto:williams.ferreira@embrapa.br)

<sup>2</sup>Professor, D.S. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, [elpidio@ufv.br](mailto:elpidio@ufv.br)

<sup>3</sup>Pesquisador, D.S. Epamig Unidade Regional Zona da Mata, Viçosa-MG, [mrribeiro@epamig.br](mailto:mrribeiro@epamig.br)

<sup>4</sup>Professora PhD. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, [cfsouza@ufv.br](mailto:cfsouza@ufv.br)

**RESUMO:** Na produção de café, o uso de vocabulário específico e popular é comum e está associado a diversidade cultural das diferentes regiões. Para a produção de café chamada "Café de Montanha", devido às características específicas do tipo predominante da encosta, é importante entender o uso de termos como inclinação ou faces de exposição chamadas "Noruega" ou "Soalheira". Com este estudo objetivou-se identificar as características térmicas do clima associado a estes termos. Com o uso do *software* ArcGis 10 foi criada uma elevação (colina) a fim de reproduzir o sombreamento causado pelo relevo em regiões montanhosas. Foi usada a ferramenta de modelagem do ArcGIS 10 para simular a incidência da radiação solar, a fim de determinar o número de horas de incidência de radiação solar direta sobre a elevação (colina) para as latitudes 0 °, 10 ° S, 20 ° S e 30 ° S nos solstícios de inverno e verão e nos equinócios do outono e primavera. Os valores médios, mínimos e máximos foram quantificados para o número de horas de incidência de radiação solar direta para cada uma das faces de exposição do solo (Norte, Sul, Leste, Oeste). Com base nos resultados observa-se que os valores mais baixos de radiação solar ocorrem no solstício de inverno na face leste e na face oeste no solstício de verão. No entanto, as diferentes orientações das faces da exposição da montanha tinham diferentes características térmicas, a face Noruega SE foi a mais fria e a face NW a mais quente. As outras faces, NE da encosta "Soalheira" e SW da encosta "Noruega", apresentaram temperaturas mais amenas. Assim, no momento da implantação de uma lavoura de café em uma área montanhosa, as características climáticas da região devem ser observadas para que possa ser escolhido corretamente o melhor quadrante para a implantação da lavoura de café, de modo que as características ambientais, especialmente em relação a altitude, temperatura e precipitação, permitam que a planta alcance sua máxima produção.

**PALAVRAS-CHAVE:** Produção de café de montanha, clima, radiação solar, GIS.

## INFLUENCE OF THE SOLAR RADIATION IN MOUNTAINOUS REGIONS OF COFFEE PRODUCTION

**ABSTRACT:** In coffee production, the use of specific and popular vocabulary is common and is associated with the cultural diversity of different regions. For the coffee production named "Mountain Coffee", due to the specific characteristics of the predominant type of relief, it is important to understand the use of terms such as slope or exposure faces called "Noruega" or "Soalheira." This study aims to identify the thermal characteristics of the climate associated with these terms. Using the software ArcGis 10 an elevation (hill) was created in order to reproduce the shading caused by the relief in mountainous regions. A modeling tool belonging to ArcGIS 10 was used for the solar radiation, in order to determine the number of hours of direct solar radiation over the ground for latitudes 0 °, 10 ° S, 20 ° S and 30 ° S in the summer and winter solstices and for the autumn and spring equinoxes. The average, minimum and maximum values were quantified for the number of hours of direct incidence of solar radiation for each of the faces of ground exposure (North, South, East, West). The results show that the lower values of solar radiation occur on the Winter Solstice in the East face and in the West face on the Summer Solstice. However, the different orientations of the exposure faces of the mountain had different thermal characteristics, the SE Noruega Face being the coldest and the NW Face the hottest. The other faces, NE of the "Soalheira" slope and SW of the "Noruega" slope, had milder temperatures. Thus, at the time of implantation of a coffee plantation in a mountainous area, the climatic characteristics of the region must be observed in order to correctly choose the best quadrant for the deployment of the coffee crop, so that the environmental characteristics, especially regarding the altitude, temperature and precipitation, allow the plant to reach its maximum production.

**KEYWORDS:** Mountainous coffee production, climate, solar radiation, GIS.

## INTRODUÇÃO

Atualmente a cafeicultura é responsável pela exportação de 26,3 milhões de sacas, o que representa a receita de US\$ 2 bilhões anuais e torna o país o maior exportador mundial do produto e responsável por 30% da produção das últimas safras de café no planeta, ou seja, em torno de 115 milhões de sacas (60 kg). O Brasil devido a sua grande extensão territorial apresenta clima diversificado, que é o principal responsável pela extensa faixa apta à produção do cafeeiro, o qual é plantado desde próximo à latitude de 0°, no extremo norte do Pará, até a latitude de 25° no Paraná, induzindo os produtores a adoção de manejos diferenciados nas diferentes regiões, bem como possibilitando a produção de cafés com características próprias, específicas de cada localidade. O clima que contribui para a grande extensão de área apta à produção do café no Brasil também é o maior fator de risco para produção, contribuindo continuamente para a instabilidade dos preços do produto no mercado. O clima, típico de determinada região, também apresenta estreita ligação com as características do café, tornando-o de caráter único e inimitável, associado o produto a sua região de origem. Esses cafés com identidade regionais, tem sido cada dia mais valorizado devido à mudança de postura do perfil do consumidor, que se torna a cada dia mais exigente em relação à qualidade do café, já que esse é um produto valorizado pelas suas características físicas e organolépticas Vilela e Rufino (2010). Os cafés diferenciados pela qualidade superior e por características específicas da bebida, e que também agregam em seu processo produtivo conceitos do tipo: orgânicos, ecologicamente corretos ou de *fair trade*, passam a receber o status de *speciality* no mercado internacional, garantindo ao produtor competitividade e melhores cotações para o seu produto. Dentre os vários elementos climáticos a temperatura do ar, por sua influência na duração do ciclo produtivo, condicionando a época da colheita, destaca-se como um elemento de real importância na qualidade dos grãos de café. Influenciada diretamente pela sazonalidade e movimento de rotação da Terra, que é representado pela marcha diária aparente do Sol (VIANELLO; ALVES, 2006), a temperatura do ar também sofre influência da orientação da face de exposição da encosta. Diante da grande influência do clima na produção do café, em que a temperatura do ar destaca-se como o elemento climático mais marcante, e ao fato do maior Parque Cafeeiro do mundo estar localizado no Brasil, mais precisamente, no Estado de Minas Gerais, onde a região das Matas de Minas destaca-se como produtora de cafés de excelente qualidade, objetiva-se com o presente trabalho identificar as características térmicas do clima das diferentes faces de orientação na Cafeicultura de Montanha no Brasil.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Devido ao fato regime térmico do sol ser determinado pelo aquecimento da superfície, a partir da radiação solar incidente, e pelo transporte do calor sensível, por condução, em seu interior (AHRENS, 2011); foi quantificado o número de horas de incidência direta de radiação solar para cada uma das faces de exposição de uma montanha de 200 metros localizada à 20° Sul de latitude no hemisfério sul.

### **Número de horas de incidência de radiação solar direta.**

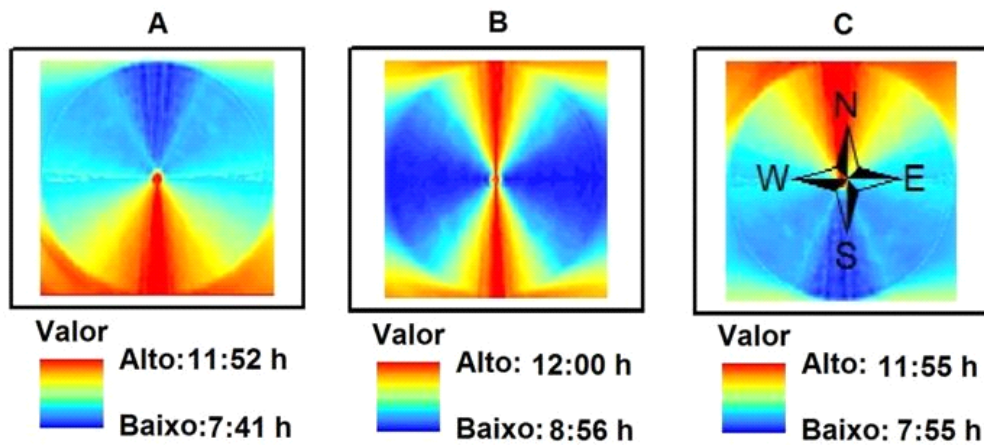
Com o uso do software ArcGis 10 foi criada uma elevação (morro) com objetivo de reproduzir o sombreamento provocado pelo relevo em regiões montanhosas. Foi utilizada a ferramenta de modelagem de radiação solar existente no ArcGis 10 para quantificar os valores médios, mínimos e máximos do número de horas de incidência direta de radiação solar para cada uma das faces de exposição do terreno (Norte, Sul, Leste, Oeste) para uma montanha situada na latitude 20° Sul no solstício de inverno e verão e para os equinócio de outono e primavera, devido à variação anual dos raios solares em relação à Terra.

### **Características térmicas das faces, soalheira e noruega (contra face)**

Devido às encostas Noruegas e as Soalheiras, apresentarem-se dividida em duas porções cada uma, (sendo a primeira com uma face de exposição voltada para o Sudoeste e outra voltada para o Sudeste e, a segunda com uma face de exposição voltada para o Nordeste e outra voltada para o Noroeste) serão adotados por convenção no presente trabalho os sinais: positivo [(+) mais quente] e negativo [(-) menos quente] para representar o efeito da radiação solar incidente sobre a temperatura do ar nas diferentes faces de exposição das encostas das montanhas (NW, NE, SW e SE) ao longo do dia (sol-tarde e sol-manhã) e ao longo do ano (sol-ano e sombra-ano).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 é a imagem produzida pelo ArcGis 10 da vista superior do morro de 200 metros situado na latitude 20° do hemisfério Sul. As diferentes tonalidades de cores representam a quantificação do número de horas de incidência da radiação solar direta para os Solstícios e os Equinócios.



**Figura 1** – Número de horas de incidência da Radiação Solar Direta nas diferentes faces de exposição (pontos cardeais da figura “C”) de um morro situado na latitude 20° Sul no Solstício de Verão (A), Equinócios (B) e Solstício de Inverno (C).

Como pode ser observada na Figura 1A, no Solstício de Verão, a faixa azul onde ocorre o menor número de horas de incidência da radiação solar direta (7:41 h) está centrada ao Norte enquanto a faixa de vermelho mais intenso, que representa a área onde ocorre o número máximo de horas de incidência da radiação solar direta (11:52 h), está centrada ao Sul, ou seja, a área de maior sombreamento, encontra-se ao Norte revelando que tal fato está associado ao movimento aparente do sol durante o ano, sendo que nesse período o Sol encontra-se na posicionado sobre o Trópico de Capricórnio, fazendo com que os raios solares incidam com certa obliquidade nas latitudes inferiores a 23° 27' no hemisfério Sul). Na Figura 1B, nos Equinócios de Outono e Primavera, a faixa de vermelho mais intenso (12:00 h), mais estreita que aquela do Solstício de Verão, encontra-se centrada nas direções Norte e Sul; e a faixa de maior sombreamento, em azul (8:56 h), encontra-se centrada a Leste e a Oeste, ou seja, durante os Equinócios o sombreamento está mais associado ao movimento de rotação diário da Terra, ou seja, ao deslocamento aparente do Sol ao longo do dia. Na Figura 1C, no Solstício de Inverno, a faixa de vermelho mais intenso (11:55 h) encontra-se centrada ao Norte, e a faixa de azul mais intenso (7:55 h) centrada ao Sul. Tal distribuição de nota que o sombreamento que ocorre em um morro situado a 20° S no Solstício de Inverno está associado tanto ao movimento aparente do sol durante o dia (já que a faixa de azul menos intenso alcança as faces sudeste e sudoeste) quanto ao movimento aparente do sol durante o ano (já que nessa data o Sol encontra-se na máxima declinação Norte posicionado sobre o Trópico de Câncer, fazendo com que os raios solares incidam com a maior obliquidade no hemisfério Sul). Nas Tabelas 1, 2 e 3, estão os valores do número de horas de incidência da radiação solar direta que foram quantificados para as diferentes faces do morro situado na latitude 20° Sul no Solstício de Inverno e Verão e para os Equinócios de Outono e Primavera.

**Tabela 1** – Número máximo, mínimo e médio de horas (h) de incidência da Radiação Solar Direta nas diferentes faces de exposição de um morro situado a 20° S durante o Solstício de Inverno.

Face de Exposição	Mínimo	Máximo	Médio	Amplitude	Desvio Padrão
Norte	9h:52m	11h:55m	10h:49m	2h:03m	0.60
Leste	8h:34m	11h:55m	9h:04m	3h:21m	0.37
Sul	7h:55m	11h:55m	8h:35m	4h:00m	0.32
Oeste	8h:32m	11h:43m	9h:07m	3h:11m	0.37

h = hora(s); m = minuto(s)

**Tabela 2** – Número máximo, mínimo e médio de horas (h) de incidência da Radiação Solar Direta nas diferentes faces de exposição de um morro situado a 20° S durante os Equinócios de Outono e Primavera.

Face de Exposição	Mínimo	Máximo	Médio	Amplitude	Desvio Padrão
Norte	9h:37m	12h:00m	10h:42m	2h:23m	0,69
Leste	8h:59m	12h:00m	9h:16m	3h:01m	0,24
Sul	9h:37m	12h:00m	10h:44m	2h:23m	0,69
Oeste	8h:56m	11h:40m	9h:15m	2h:44m	0,23

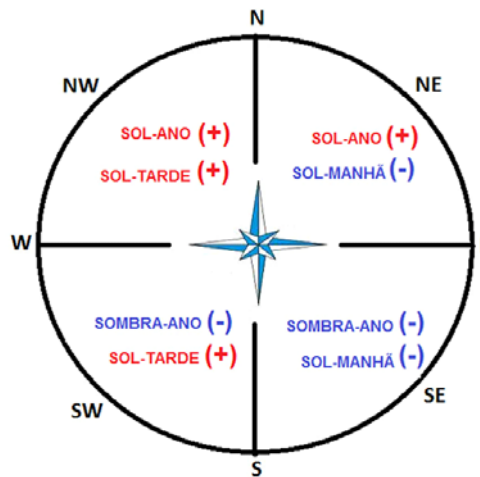
h = hora(s); m = minuto(s)

**Tabela 3** – Número máximo, mínimo e médio de horas (h) de incidência da Radiação Solar Direta nas diferentes faces de exposição de um morro situado a 20° S durante o Solstício de Verão.

Face de Exposição	Mínimo	Máximo	Médio	Amplitude	Desvio Padrão
Norte	7h:41m	11h:52m	8h:25m	4h:11m	0,32
Leste	8h:30m	11h:52m	9h:05m	3h:22m	0,39
Sul	9h:52m	11h:52m	10h:50m	2h:00m	0,57
Oeste	8h:33m	11h:37m	9h:04m	3h:04m	0,40

h = hora(s); m = minuto(s)

Podem ser observados nas Tabelas 1, 2 e 3 que, embora o número médio de horas de incidência da radiação solar direta nas faces Leste e Oeste seja aproximado, os menores valores médios ocorrem na face Leste durante o Solstício de Inverno (Tabela 1) e, na face Oeste, durante o Solstício de Verão (Tabela 3). Tal fato evidencia que a contribuição do movimento aparente do Sol ao longo do ano para a formação de sombra nos morros situados a 20° S não ocorre apenas nas faces de exposição Norte e Sul, mas também nas voltadas para Leste e Oeste. Na Figura 2, é possível observar no quadrante com o sinal (-,-) que o efeito da radiação solar incidente sobre a temperatura do ar indica que nesta face de exposição ocorrem os menores valores médios de temperatura do ar, sendo desse modo a Face Noruega SE a mais fria dentre as quatro. Matiello et al. (2004), citam que nas faces expostas ao sol da manhã, é onde são encontradas as temperaturas mais amenas. Já o quadrante com o sinal (+,+), indica que nesta face de exposição ocorrem os maiores valores médios de temperatura do ar, sendo então a face Soalheira NW a mais quente dentre as quatro.



**Figura 2**– Posicionamento dos sinais positivos e negativos representando o efeito da radiação solar sobre a temperatura do ar nas diferentes faces de exposição das encostas representada pelos quadrantes Nordeste (NE) Sudeste (SE), Sudoeste (SW) e Noroeste (NW) em função dos pontos cardeais.

Nos demais quadrantes da Figura 2, que representam a Face NE, da encosta Soalheira, e a Face SW, da encosta Noruega, o efeito da radiação solar incidente sobre a temperatura do ar é simbolizado pelos sinais (+,-) significando a predominância da ocorrência de temperaturas intermediárias nessas faces de exposição. Todavia, quando comparadas, a face de exposição SW apresenta, em média, temperaturas mais amenas do que a face de exposição NE devido, principalmente, o fato desta face receber menor incidência de radiação solar direta ao longo do ano. Deste modo, a influência da sazonalidade e da marcha diária aparente do Sol, associada à orientação das faces de exposição (NW, NE, SW e SE) das encostas de montanhas, contribuem para que o efeito da radiação solar incidente ao longo do dia (sol-tarde e sol-

manhã) e ao longo do ano (sol-ano e sombra-ano) faça com que a temperatura do ar alcance valores médios desiguais nas diferentes faces de exposição da montanha.

## **CONCLUSÕES**

Diante do exposto, pode-se concluir que as sombras formadas nas faces de exposição Norte, Sul, Leste e Oeste, em uma montanha localizada em torno da latitude 20° S, são influenciadas principalmente pelo movimento aparente do Sol ao longo do ano, sendo a combinação do movimento aparente do sol ao longo do ano e do dia contribuem para que a Face Noruega SE seja a mais fria, e a Face Soalheira NW, a mais quente. As demais faces, NE, da encosta Soalheira, e SW, da encosta Noruega, apresentam temperaturas amenas, sendo que quando comparadas, em função da sazonalidade, a face voltada para SW apresenta em média, temperaturas mais amenas do que aquela voltada para NE.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AHRENS, D. C. *Essentials of meteorology: an invitation to the atmosphere*. Belmont, CA: Brooks/Cole, 2011. 485 p.
- MATIELLO, J. B. et al. Efeito da face de exposição do cafeeiro na produtividade e na qualidade dos frutos na região de Pirapora-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 30., 2004, São Lourenço. Trabalhos apresentados. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2004. p. 1-2.
- VIANELLO R. L., ALVES, A. R. *Meteorologia básica e aplicações*. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 449 p.
- VILELA P. S., RUFINO, J. L. S. *Caracterização da cafeicultura de montanha de Minas Gerais*. Belo Horizonte: INAES, 2010. 300 p.: il. (Estudos INAES. Cadeias Produtivas. Café, 1).