

Softsol

**Software de simulação para manejo de luz e sombra
em sistemas agroflorestais**

Brasília
2015

Resumo

O presente projeto visa dar sentido cidadão aos conhecimentos adquiridos durante o curso de Ciência da Computação, através da construção de um software de simulação voltado para o manejo de luz e sombra em sistemas agroflorestais. A finalidade é a produção agrícola aliada ao respeito ao meio ambiente, utilizando uma técnica de plantio de agroflorestas baseada nas sombras oferecidas pelas culturas mais altas, protegendo do Sol as culturas mais baixas. Para isso é permitida a manipulação de linhas de culturas e feito o cálculo aproximado das sombras projetadas por elas, levando em conta a época do ano, a localização do sistema agroflorestal e a forma da copa das árvores. Com isso, o agricultor tem suporte ao planejamento do posicionamento das culturas nas agroflorestas, em que as áreas de plantio são afetadas diretamente pela iluminação e sombreamento, garantindo assim que o agricultor controle melhor a produção de suas culturas, obtendo lucros, mas de maneira sustentável, sem precisar agredir o meio ambiente.

Palavras-chave:

simulação, cultura, agrofloresta, sombra.

Abstract

The present project aims to give citizen sense to the knowledge acquired during the course of computer science, through the building of simulation software turned to the management of light and shadow in agroforest systems. The finality is the agricultural production allied to the respect to the environment, using a planting technique of agroforestry systems based on the shadows offered by taller cultures protecting from the sun smaller cultures. For this is permitted the manipulation of lines of cultures and done the approximate calculation of shadows projected by them, taking in account the time of the year, agroforestry system localization and the treetop's shapes. With this, the farmer has planning support to the positioning of the cultures in the agroforests, where the planting areas are directly affected by the illumination and shadowing, ensuring that the farmer controls better the culture production, obtaining profits, but in sustainable way, without harming the environment.

Keywords:

simulation, culture, agroforest, shadow.

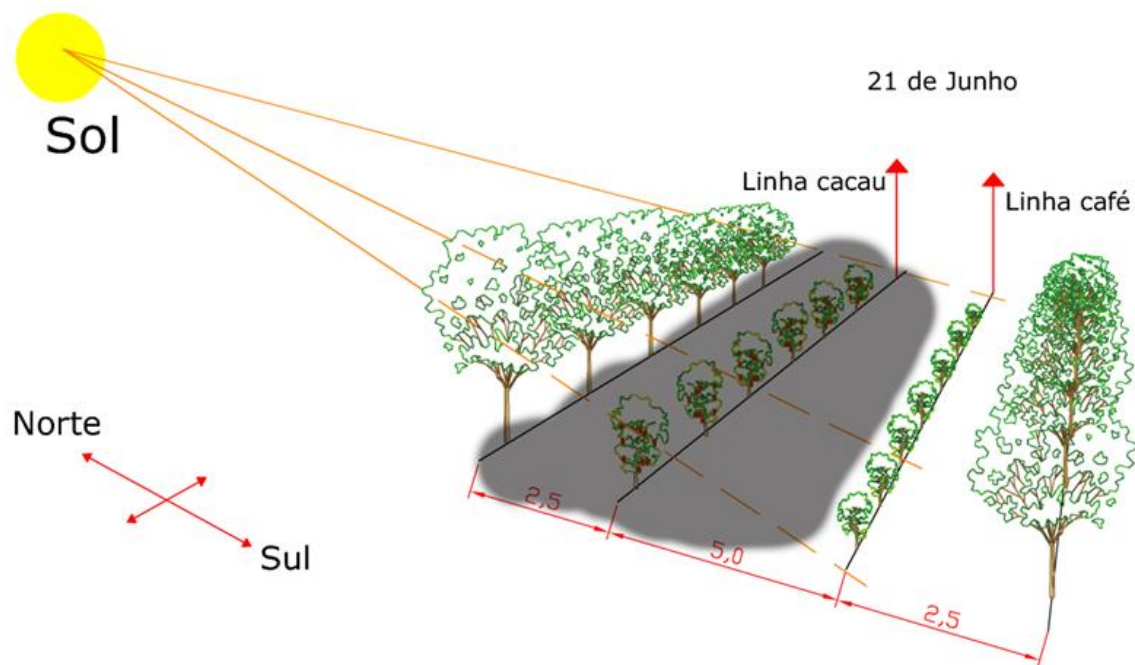
Sumário

- 1.1. Introdução
 - 1.1. Motivação
 - 1.2. Contexto
 - 1.3. Solicitante
- 2. Objetivos
 - 2.1. Objetivo geral
 - 2.2. Objetivos específicos
- 3. Proposta
 - 3.1. Descrição
 - 3.2. Resultados esperados
 - 3.3. Justificativa
- 4. Visão
 - 4.1. Problema
 - 4.2. Necessidades do usuário
 - 4.3. Características da solução proposta
- 5. Aspectos teóricos
 - 5.1. Posição do Sol
 - 5.2. Predição da Configuração da Sombra
 - 5.2.1. Árvores de copa esférica
 - 5.2.2. Árvores de copa lentiforme
 - 5.2.3. Árvores de copa cilíndrica
 - 5.2.4. Árvores de copa cônica
 - 5.2.5. Árvores de copa elipsoide
 - 5.2.6. Árvores de copa cônica invertida
- 6. Perspectivas para o futuro
- 7. Glossário

1. Introdução

1.1. Motivação

O desejo de construir o software surgiu do encontro com o senhor Francisco Monteiro, técnico agrícola do Pará que trabalha com sistemas agroflorestais, e que precisa de um software para gerenciar a própria plantação e as de grupos comunitários socioeconomicamente carentes aos quais ele assiste nas regiões norte e nordeste. A narrativa consistente do agricultor, apresentando seus procedimentos rudimentares e desejando o apoio tecnológico para realizar seu sonho de sair do senso comum e utilizar uma ferramenta tecnológica na gestão de luz e sombra em sistemas agroflorestais, mas para a construção do qual não dispõe de recursos, chamou a atenção da equipe do projeto.



1.2. Contexto

Sistemas agroflorestais são uma forma de se combinar florestas nativas e o cultivo econômico, com o importante papel de transição da agricultura monocultural com queimadas para a agroecologia, através da recuperação e conservação das florestas, aliadas à produção de renda e segurança alimentar, alcançando assim, o desenvolvimento sustentável.

Os sistemas agroflorestais possuem grande diversidade de culturas com as mais variadas necessidades, por isso, as culturas são interdependentes, auxiliando umas as outras, desde a fertilização do solo até a geração de sombra de uma cultura para outra. O objetivo é aproveitar o que a natureza oferece, diminuindo a utilização de meios artificiais, como adubos, agrotóxicos e queimadas que tanto prejudicam as florestas.



1.3. Solicitante

- Francisco de Assis Monteiro. Coordenador do projeto RSQIII (Roça Sem Queimar III).

2. Objetivos

2.1. Objetivo geral

Auxiliar agricultores no manejo de luz e sombra de sistemas agroflorestais.

2.2. Objetivos específicos

- Simular o manejo de diferentes espécies vegetais integrantes do mesmo sistema agroflorestal com base no manejo de luz e sombra, a fim de auxiliar agricultores a cultivar de forma inteligente e que não agrida o meio ambiente, aproveitando ao máximo o espaço de iluminação e sombreamento proporcionado pelo arranjo da agrofloresta.
- Utilizar melhor os recursos naturais, potencializando o desenvolvimento das culturas e minimizando a perda de produção, conseqüentemente, melhorando a qualidade de vida dos agricultores, contribuindo para a consolidação da segurança alimentar de comunidades rurais.



3. Proposta

3.1. Descrição

Projetar e construir um software que monitorea culturas adultas compondo um sistema agroflorestal. O software utilizará práticas agroflorestais para obter benefícios de culturas nativas altas da região da agrofloresta, gerando sombras para culturas menores potencialmente econômicas. O software simula o posicionamento do sol ao longo do tempo de acordo com a latitude e longitude do local para calcular as sombras projetadas pelas culturas, de modo a oferecer suporte às decisões do agricultor para o plantio e manejo do sistema agroflorestal. O software pode ser utilizado em campo, permitindo a visualização em tempo real da agrofloresta, automatizando o cálculo de posicionamento global num dispositivo móvel.

3.2. Resultados esperados

Um software capaz de auxiliar no manejo de luz e sombra em sistemas agroflorestais, dando informações de suporte às decisões de plantio, permitindo a edição de dados de culturas, montagem de agroflorestas e visualização de sombras projetadas pelas culturas integrantes do sistema. O software deve ser adaptável e capaz de ser estendido para diferentes regiões e culturas.

3.3. Justificativa

Experimentos em agroflorestas são custosos. Algumas culturas precisam de anos para se tornarem adultas, tornando a prática real bastante demorada. Se o plantio ou o manejo for feito de maneira incorreta, pode causar grande perda de recursos, pois culturas dificilmente são movidas se plantadas em lugares incorretos. Por esses aspectos, o software tem como foco a resolução do problema de luz e sombra em agroflorestas, proposto pelo solicitante, através de simulação computacional, visando à economia de tempo e de recursos por parte dos agricultores.

4. Visão

4.1. Problema

O problema	Efetuar o plantio e o manejo de culturas utilizando sistemas agroflorestais de modo a obter um bom rendimento no aproveitamento de luz e sombra.
Afeta	Agricultores de sistemas agroflorestais.
Cujo impacto é	Perda de tempo e produtividade na produção agroflorestal.
Uma boa solução seria	Projetar e construir um software capaz de auxiliar no manejo de luz e sombra em sistemas agroflorestais.

4.2. Necessidades do usuário

Necessidade	Prioridade	Preocupações	Solução Atual	Soluções Propostas
Lidar com diferentes tipos de culturas .	Média.	Saber os dados das diferentes culturas.	Senso comum dos agricultores.	Facilitar o uso das informações das diferentes culturas.
Obter dados necessários à decisão do posicionamento do plantio de culturas.	Baixa.	Chegar o mais próximo da exatidão, para que o agricultor possa tomar uma melhor decisão no plantio.	Técnicas de plantio baseadas em experiências.	Informar a melhor distribuição das culturas para efetuar o plantio.
Prever efeitos no sistema agroflorestal, de acordo com a iluminação e sombreamento nas culturas.	Alta.	Maximizar a produção e minimizar a perda de recursos.	Técnicas de plantio baseadas em experiências.	Mostrar a influência da incidência solar e das sombras geradas no sistema agroflorestal com o passar do tempo.

4.3. Características da solução proposta

- 1.** Deve permitir o armazenamento de culturas e suas informações.
- 2.** Deve permitir a visualização das culturas na agrofloresta.
- 3.** Deve permitir a visualização de maneiras de efetuar o plantio das culturas.
- 4.** Deve permitir a visualização do posicionamento do sol, luz e sombra na agrofloresta ao longo de determinados períodos de tempo.

5. Aspectos teóricos

Para melhor entendimento da teoria dos ângulos de incidência da radiação solar para calcular as sombras em árvores, nós iremos citar um artigo do autor *Roberto G. da Silva* Professor Titular, Departamento de Zootecnia, UNESP, Jaboticabal – SP.

5.1. Posição do Sol

A quantificação de uma área de sombra depende não apenas das dimensões do anteparo que a produz, como também do ângulo de incidência da radiação. Considerando os raios solares atingindo a superfície terrestre, esse ângulo pode ser medido com respeito ao horizonte (ângulo de elevação do Sol, θ) ou com respeito a uma linha perpendicular ao solo, o zênite (ângulo zenital do Sol, ψ), conforme ilustra a Figura 2.

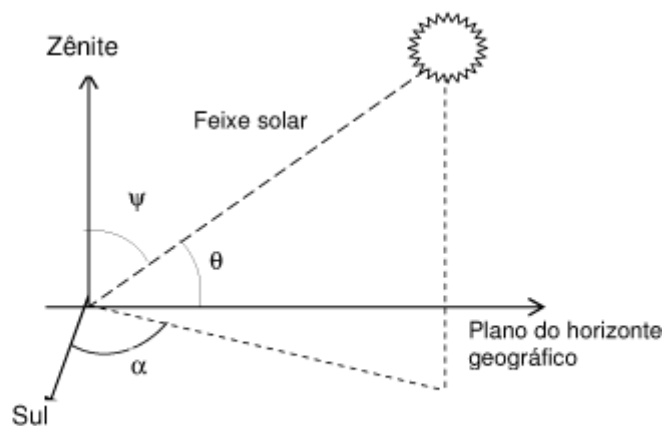


FIGURA 2. Ângulos zenital (ψ), de elevação (θ) e azimutal (α) do Sol.

O ângulo de incidência da radiação solar é uma consequência da posição do Sol na abóbada celeste e depende da latitude do local, da época do ano e da hora do dia. Na Figura 3A, mostram-se as posições do Sol sobre a cidade de Ribeirão Preto - SP ($21^{\circ}10'42''$ latitude sul, $47^{\circ}48'24''$ longitude oeste), no dia 22 de dezembro, quando o Sol se acha na sua declinação máxima ao sul (solstício de verão).

Os pontos sobre a curva representam as horas de observação (6 às 18 h), podendo-se notar que, ao meio-dia, o Sol se acha em posição perfeitamente perpendicular sobre o ponto central, que representa a localização do observador; isso significa que esse se acha recebendo a máxima intensidade de radiação. Conforme o Sol vai caminhando para o poente, desvia-se progressivamente para o sul.

A situação no inverno é diferente, conforme a Figura 3C, a qual mostra o trajeto do Sol no céu no dia 21 de junho, quando está na sua posição máxima ao norte. Nessa época, a radiação atinge o local sempre em ângulo bastante baixo e em nenhum momento o Sol se aproxima do zênite. Entre esses dois extremos, no outono e na primavera (Figuras 3B e 3D, respectivamente), o Sol percorre um caminho intermediário e praticamente igual.

Deve ser notado que as posições do Sol indicadas na Figura 3 referem-se a um ponto localizado no centro do gráfico, sendo bastante claro que essas posições relativas variam também na horizontal, isto é, conforme a orientação dos pontos cardeais. Portanto, um terceiro ângulo deve ser introduzido, o ângulo azimutal do Sol (α), que é definido como o posicionamento da projeção do Sol sobre o plano horizontal, deslocando-se em relação a um ponto dado com respeito à direção sul, num sentido anti-horário (Figura 3).

A determinação dos ângulos solares requer as seguintes informações: (1) latitude do local, (2) longitude do local, (3) data e (4) hora do dia. Quanto a essa última, a hora indicada no relógio não serve para uma determinação astronômica, uma vez que a mesma se refere à hora legal (t) que, na maior parte do Brasil, corresponde à do meridiano de 45° oeste.

Para obter a hora local, calcula-se a correção:

$$c_h = \frac{L - 45}{15}$$

em que, L é a longitude do local, em graus decimais.

(1) Ângulo zenital do Sol:

$$\cos \psi = \cos \varphi \cos \delta \cos \eta + \sin \varphi \sin \delta$$

em que,

$$\delta - \text{declinação estacional do Sol} = 23,45 \operatorname{sen} \left[\frac{360}{365,242} (284 + k) \right];$$

k - dia do ano ($1 = 1^{\circ}$ de janeiro);

η - ângulo horário do Sol $= 15(t - c_h - 12)$, e

t - hora legal, em valor decimal.

(2) Ângulo de elevação do Sol:

$$\theta = 90 - \psi$$

(3) Ângulo azimutal do Sol:

$$\alpha = 180 - \operatorname{arc-sen} \left[- \frac{\cos \delta \operatorname{sen} \eta}{\operatorname{sen} \psi} \right]$$

Deve-se lembrar que o valor de k precisa ser sempre acrescentado de uma unidade quando o ano for bissexto, e o mês, posterior a fevereiro.

5.2. Predição da Configuração da Sombra

Para fins de determinação da forma e da posição de uma sombra, são necessários as dimensões da árvore e o formato geométrico aproximado da sua copa. Serão aqui considerados os seguintes formatos básicos de copa: esférico, lentiforme, cilíndrico, cônico, cônico invertido e elipsóide.

5.2.1. Árvores de copa esférica

A área da sombra projetada por uma árvore de copa aproximadamente esférica (Figura 4) é dada por:

$$A_s = \frac{\pi r^2}{\operatorname{sen} \theta} \quad (\text{m}^2),$$

em que, r é o raio da copa (m).

Quanto menor o ângulo θ , mais comprida é a forma elíptica da sombra projetada no solo.

O comprimento da sombra é dado por:

$$c = \frac{2r}{\sin \theta}$$

e a distância maior da sombra em relação ao tronco da árvore por:

$$s = \frac{r + y}{\tan \theta} + \frac{r}{\sin \theta}$$

em que, y é a altura do tronco (m), do solo à base da copa.

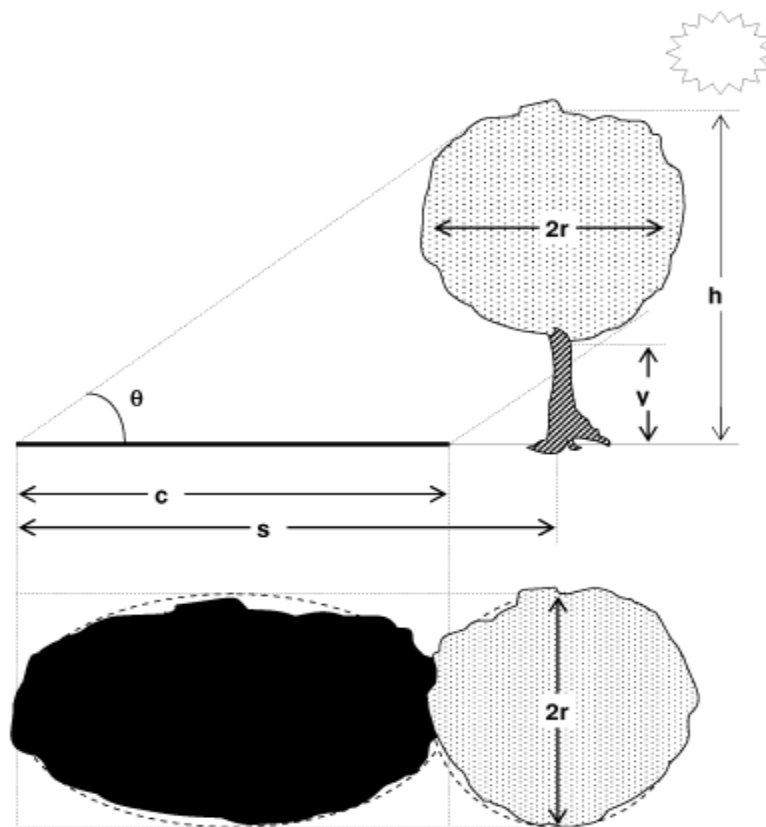


FIGURA 4. Esquema da projeção da sombra de uma árvore de copa esférica.

5.2.2. Árvores de copa lentiforme

A copa é redonda, mas achatada na vertical, com o formato de um grão de lentilha, conforme Figura 5. A sombra projetada por uma árvore desse tipo apresenta comprimento:

$$c = 0,6(h - y) \left(\frac{1}{\sin \theta} - 1 \right) + 2R$$

enquanto a distância da sombra em relação ao tronco é dada por:

$$s = \frac{h - r}{\tan \theta} + 0,3(h - y) \left(\frac{1}{\sin \theta} - 1 \right) + R$$

A área da sombra é estimada pela fórmula:

$$A_s = \frac{\pi r R}{\sin \theta} \text{ , m}^2$$

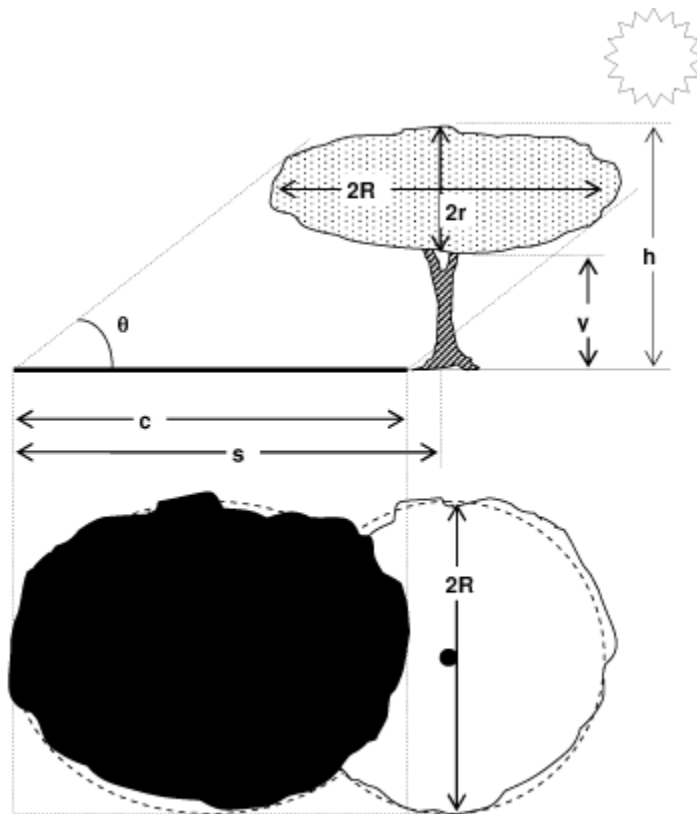


FIGURA 5. Esquema da projeção da sombra de uma árvore de copa lentiforme.

5.2.3. Árvores de copa cilíndrica

Diversas espécies, tais como os eucaliptos e mesmo as coníferas, às vezes podem apresentar copas estreitas e alongadas, assemelhando-se a cilindros com extremos arredondados (Figura 6).

A área da sombra projetada é:

$$A_s = \frac{\pi r^2}{\sin \theta} + \frac{2r(h - y - 2r)}{\tan \theta}$$

O comprimento da sombra é dado por:

$$c = \frac{2r}{\sin \theta} + \frac{h - y - 2r}{\tan \theta}$$

e o deslocamento da sombra em relação ao tronco por:

$$s = \frac{h - r}{\tan \theta} + \frac{r}{\sin \theta}$$

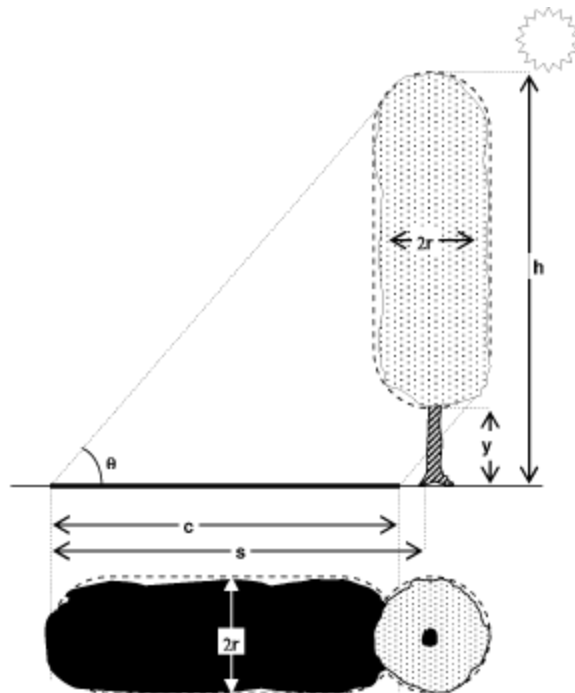


FIGURA 6. Esquema da projeção da sombra de uma árvore de copa cilíndrica.

5.2.4. Árvores de copa cônica

Muitas espécies arbóreas apresentam copa de formato cônico além de, naturalmente, as coníferas. Aliás, nem sempre estas últimas são realmente cônicas, podendo ser frequentemente cilíndricas ou até mesmo com outras formas. Para o caso de árvores com forma realmente cônica, consideramos as dimensões especificadas na Figura 7.

Para esse tipo de árvore, o comprimento da sombra projetada é dado por:

$$c = \frac{h - y}{\tan\theta} + r \quad (\text{m})$$

e o deslocamento da sombra em relação ao tronco por:

$$s = \frac{h}{\tan\theta} \quad (\text{m})$$

Quanto à área da sombra, pode ser calculada como:

$$d = r \cos\beta$$

$$a = c - r - d$$

$$b = d \tan\beta$$

$$e = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$x = \frac{a + b + e}{2}$$

$$A_s = 2\sqrt{x(x-a)(x-b)(x-e)} + \pi r^2 - \beta r^2 - d^2 \tan\beta$$

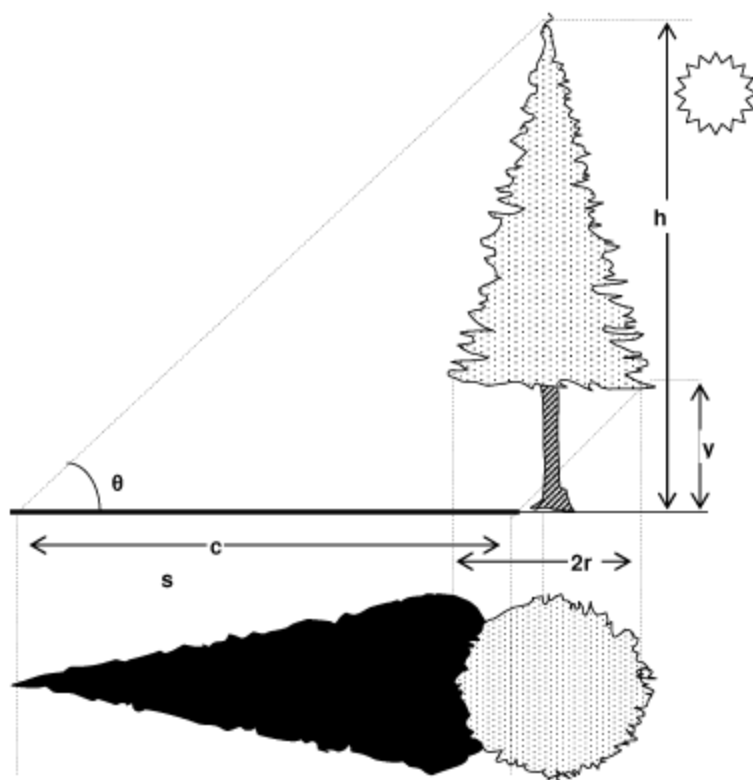


FIGURA 7. Esquema da projeção da sombra de uma árvore de copa cônica.

5.2.5. Árvores de copa elipsóide

Algumas espécies, entre as quais os eucaliptos, podem apresentar copa com o formato de um elipsóide oblato, conforme o esquema da Figura 8. Nesses casos, o comprimento da sombra é dado por:

$$c = \frac{h - y}{\tan\theta} \quad (\text{m})$$

O deslocamento da sombra com respeito ao tronco é calculado como:

$$s = \frac{h}{\tan\theta} \quad (\text{m})$$

e a área de superfície da sombra como:

$$A_s = 0,5\pi c r \text{ m}^2$$

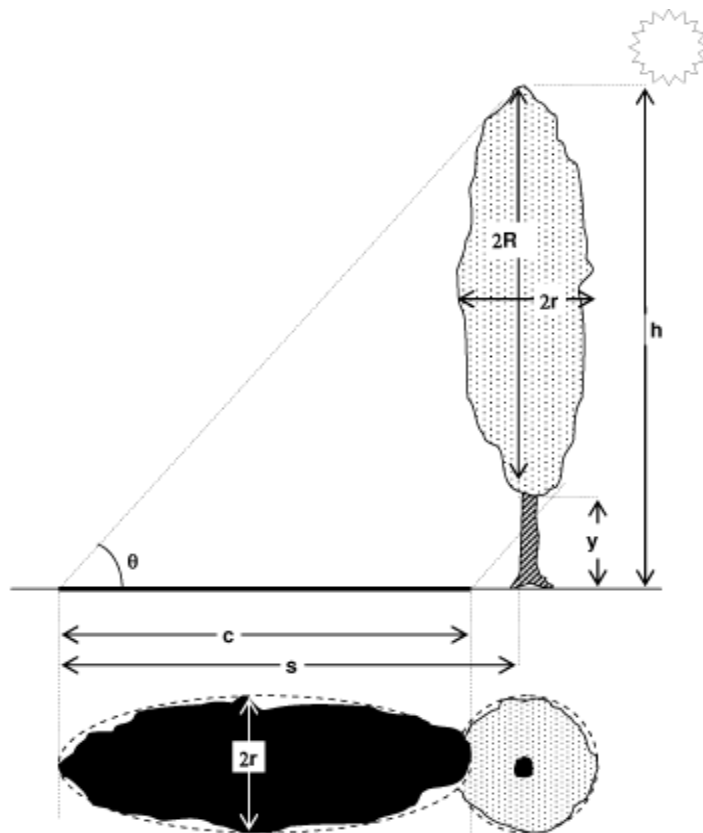


FIGURA 8. Esquema da projeção da sombra de uma árvore de copa elipsóide.

5.2.6. Árvores de copa cônica invertida

Há grande número de espécies de árvores comuns nos campos, principalmente leguminosas, que apresentam amplas copas de formato cônico invertido (Figura 9). As fórmulas usadas são as mesmas para o caso da copa cônica.

Exemplo

Seja um eucalipto localizado em uma pastagem a $20^{\circ}15'$ de latitude sul e $47^{\circ}22'$ de longitude oeste, apresentando copa de formato cilíndrico de 13,5 m de altura e 4,5 m de diâmetro. O tronco mede 2,5 m entre a parte inferior da copa e o solo. Deseja-se saber a orientação e a área da sombra projetada pela árvore às 13h30 do dia 11 de março de 2005.

Solução:

$$\begin{aligned}
h &= 13,5 \text{ m} \\
r &= 4,5/2 = 2,25 \text{ m} \\
y &= 2,5 \text{ m} \\
\phi &= -20^{\circ}15' = -20,25^{\circ} \\
L &= 47^{\circ}22' = 47,3667^{\circ} \\
k &= 70 \text{ (o ano não é bissexto, caso em que } k=71) \\
t &= 13:30 = 13,5 \text{ h} \\
\delta &= 23,45 \text{ sen} \left[\frac{360}{365,242} (284 + k) \right] \\
&= 23,45 \text{ sen} \left[\frac{360}{365,242} (284 + 70) \right] = -4,50687^{\circ} \\
c_h &= \frac{L - 47,81}{15} = \frac{47,3667 - 45}{15} = 0,157778^{\circ} \\
\eta &= 15(t - c_h - 12) = 15[13,5 - 0,157778 - 12] = 20,133333^{\circ} \\
\cos \psi &= \cos \phi \cos \delta \cos \eta + \sin \phi \sin \delta \\
&= \cos(-20,25) \cos(-4,50687) \cos(20,133333) + \sin(-20,25) \sin(-4,50687) \\
&= 0,905336 \\
\psi &= \arccos(0,905336) = 25,131416^{\circ} \\
\theta &= 90 - \psi = 90 - 25,131416 = 64,868584^{\circ} \\
\alpha &= 180 - \arcsen \left[-\frac{\cos \delta \sin \eta}{\sin \psi} \right] \\
&= 180 - \arcsen \left[-\frac{\cos(-4,50687) \sin(20,133333)}{\sin(25,131416)} \right] = 233,9^{\circ} \\
A_s &= \frac{\pi r^2}{\sin \theta} + \frac{2r(h - y - 2r)}{\tan \theta} \\
&= \frac{\pi(2,25)^2}{\sin(64,868584)} + \frac{2(2,25)(13,5 - 2,5 - 4,5)}{\tan(64,868584)} = 31,29 \text{ m}^2 \\
c &= \frac{2r}{\sin \theta} + \frac{h - 2r - y}{\tan \theta} = \frac{4,5}{\sin(64,868584)} + \frac{13,5 - 4,5 - 2,5}{\tan(64,868584)} = 8,02 \text{ m} \\
s &= \frac{h - r}{\tan \theta} + \frac{r}{\sin \theta} = \frac{13,5 - 2,25}{\tan(64,868584)} + \frac{2,25}{\sin(64,868584)} = 7,76 \text{ m}
\end{aligned}$$

Os resultados são ilustrados pelo gráfico da Figura 10.

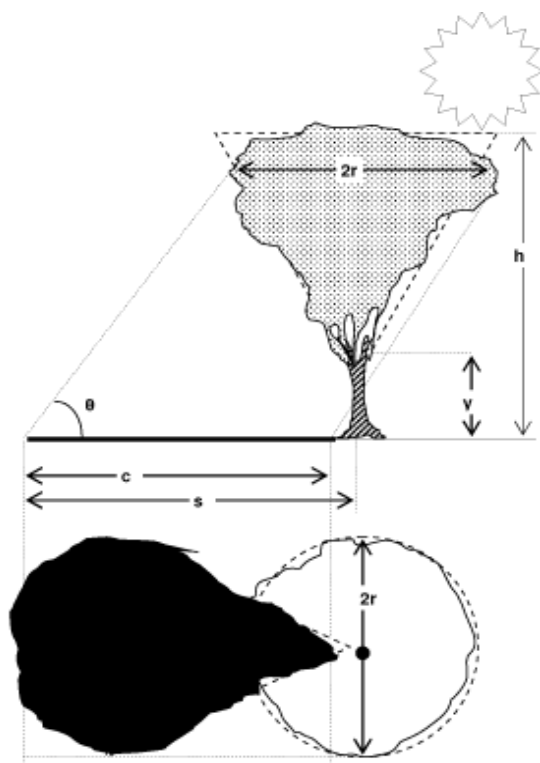


FIGURA 9. Esquema da projeção da sombra de uma árvore de copa cônica invertida.

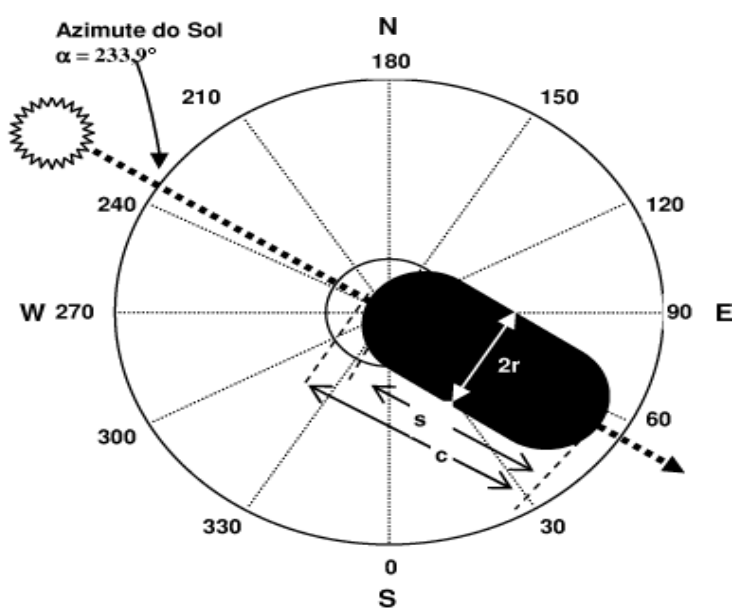


FIGURA 10. Orientação da sombra projetada pelo eucalipto do exemplo dado.

6. Perspectivas para o futuro

- Melhorar a simulação de sistemas agroflorestais permitindo a visualização em três dimensões das agroflorestas.
- Adicionar ferramentas que possibilitem manejo mais efetivo do sistema, como poda e desrama.
- Inserir aspectos da influência da luz e sombra na produção econômica das culturas.

7. Glossário

A

Agricultor: O agricultor é a pessoa que cultiva a terra e efetua o manejo de culturas no sistema agroflorestal.

Agricultura familiar: Forma de organização produtiva em que os critérios adotados para orientar as decisões relativas à exploração agrícola não se subordinam unicamente pelo ângulo da produção / rentabilidade econômica, mas leva em consideração também as necessidades e objetivos da família. Contrariando o modelo patronal, no qual há completa separação entre gestão e trabalho, no modelo familiar estes fatores estão intimamente relacionados. (CARMO)

Agroecologia: Consiste em uma proposta alternativa de agricultura familiar socialmente justa, economicamente viável e ecologicamente sustentável.

Agrofloresta: Cultivo simultâneo, temporal e espacialmente, de culturas agrícolas, espécies perenes (árvores, arbustos, palmeiras) e/ou animais, com o objetivo de se aproveitar de suas possíveis interações sinérgicas.

B

Biodiversidade: Variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas.

C

Copa: Raio da folhagem de uma árvore.

Cultura: Espécies para plantio.

D

Desenvolvimento sustentável: Desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro. (WWF)

E

Especialista: Fornece informações sobre regiões e culturas do sistema agroflorestal.

F

Fuste: Do latim fuste (pau de madeira), é o elemento vertical de apoio de uma planta, fazendo a ligação entre as raízes e a copa. Altura do tronco de uma planta.

L

Linha: Conjunto de uma mesma cultura em fileira.

Linha central: Linha de culturas mais altas, ou seja, culturas nativas (emergentes) que fornecem sombra para as culturas menores.

M

Manejo: É o conjunto de práticas, técnicas e métodos usados para explorar uma cultura ou espécie zootécnica, embasado nos objetivos da exploração e nas condições econômicas e ambientais reinantes.

P

Produtividade: Taxa de produção, biomassa criada numa dada área ou ecossistema, por um período de tempo específico.

R

Roça: Área de construção de uma parte da agrofloresta. Conjunto de linhas de culturas.

S

Sombra: Região escura formada pela ausência parcial da luz, proporcionada pela existência de um obstáculo. Uma sombra ocupa todo o espaço que está atrás de um objeto com uma fonte de luz em sua frente.

T

Tablet: Microcomputador portátil, sem teclado físico, com tela sensível ao toque.