



ÁGUA NAS PLANTAS

LÚCIA BORGES DIAS

2008

SUMÁRIO

RESUMO	05
1 INTRODUÇÃO	06
2 REVISÃO DE LITERATURA	07
2.1 Conceituação Geral	07
2.2 Estrutura da Molécula de Água.....	09
2.3 Água no Planeta Terra.....	11
2.4. Água nas Plantas	13
2.4.1 Principais funções da água nas plantas	14
2.4.2 Forma de captação da água nas plantas	17
2.4.3 As perdas de água pelas plantas.....	20
2.4.4 Adaptações estruturais das plantas ao ambiente	24
2.4.5 O balanço hídrico.....	31
2.4.6 O estresse da seca.....	32
2.4.7 Efeitos da seca na fisiologia das plantas	33
2.4.8 Mecanismos de sobrevivência à seca.....	39
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
ANEXO	51

RESUMO

No presente trabalho buscou-se dar uma visão geral da questão da água no trato e manejo plantas, abordando-o nos âmbitos técnico, ético e social, como um exercício à pesquisa e ao aprofundamento. A partir de uma conceituação ampla da água, da estrutura de sua molécula e da água no planeta. É introduzido o tema específico da água nas plantas. Pontuando-o uma seqüência de ilustrações sobre os assuntos abordados, explorou-se como referência ética e moral a Declaração Universal dos Direitos da Água elaborada pela ONU. Como conclusão geral, a monografia acentua, de maneira simples e direta, a grande importância do tema “água” para as plantas, levando a refletir, em suas responsabilidades, os profissionais de paisagismo sobre o assunto, nem sempre explicitadas ou assumidas na prática diária e mesmo nos currículos acadêmicos.

1 INTRODUÇÃO

Há quinhentos milhões de anos as águas do nosso planeta são as mesmas, fazendo seu ciclo natural de evaporação, chuva, infiltração no solo e formação de fontes, rios, mares, lagos e lençóis subterrâneos, prestando fundamentais serviços a toda espécie de vida.

Sua estrutura geral é de pesquisa e revisão, optando-se por tratar de maneira simples e direta os elementos concernentes à água que se relacionam com os vegetais. Assim, partiu-se de uma conceituação geral sobre a água, com destaque para sua importância no planeta e nos seres vivos. No item seguinte detalham-se as funções e participações da água nos vegetais. Seguem-se informações genéricas sobre as formas de absorção da água pelas plantas e aspectos correlatos de sua Fisiologia. A seguir citam-se as perdas de água pelas plantas. Um tema interessante é sobre as formas de adaptações estruturais das plantas ao ambiente. Finalmente o estresse da seca, o balanço hídrico e o efeito da seca à fisiologia das plantas.

Metodologicamente, por tratar-se na essência de um trabalho de revisão e análise, com intenção didática, buscou-se compulsar prioritariamente obras disponíveis e de fácil acesso, pertinentes ao tema em seus aspectos mais significativos e ilustrativos quanto à prática do Paisagismo.

Como roteiro metodológico básico, optou-se por seguir uma linha mista de informações e aberturas à pesquisa e aprofundamento, baseada na experiência pessoal da autora em suas aulas de paisagismo, ao longo dos últimos dez anos, no Instituto de Arte e Projeto em Belo Horizonte.

O presente trabalho, teve como objetivo principal rever e analisar os princípios aspectos do tema da água com relação às plantas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CONCEITUAÇÃO GERAL

Conforme importantes obras de referência (Ferreira et al., 2001; Enc. Britannica, 1951; Gillon et al, 1986; Rey, 1999), “água” do Latim “*aqua*”, define-se “como um composto de oxigênio e hidrogênio, que é um líquido inodoro, insípido e incolor, entre 0° e 100°C, mas azul em grandes volumes, sólida abaixo de 0°C e gasosa (vapor) acima de 100°C.” Físico-quimicamente tem calor específico elevado e sua maior densidade é a 4°C, sendo pouco compressível e pouco dissociável em íons H⁺ e OH⁻. O íon H⁺, que confere ao meio sua acidez, em verdade, está quase sempre ligado à água, constituindo o composto hidrônio (Guyton, 1988; Paiva, 2000).

A molécula de água é assimétrica, apresentando um pólo positivo e outro negativo, pelo que se orienta diversamente frente a substâncias carregadas positiva ou negativamente, e constitui excelente solvente para as substâncias ionizáveis ou com moléculas bipolares. Sua bipolaridade e formação de pontes de hidrogênio entre grupos de moléculas são a razão da alta tensão superficial da água (Enc. Britannica, 1951).

Água é vida, traduz vida, gera vida. Qualquer ser vivo necessita de água para sobreviver, desenvolver e reproduzir. Os vegetais são seres que possuem cerca de 80% do seu peso em água. Ela é parte integrante das células e entra em todos os processos do metabolismo animal e vegetal (Guyton, 1988; Paiva, 2000). Na sua relação histórica com a água, o homem vivenciou momentos de extrema importância, em que a própria sobrevivência e a viabilização da vida em sociedade estiveram em jogo ou foram aprimoradas. Segundo Bruno Kaiser (1952), alguns destes momentos e passos decisivos foram:

- Na Idade Antiga, há 5.000 anos ou mais, a irrigação artificial foi registrada no Eufrates, na China, na Índia e no Egito, criando

condições de uma agricultura sustentável que fixou o homem ao solo e viabilizou núcleos populacionais. Em particular, o manejo do rio Nilo como “dádiva celestial”, possibilitou aos egípcios prover uma agricultura modelar, base fundamental para o desabrochar de uma grande civilização.

- O provimento urbano (e eventualmente rural) de água em abundância, entre os antigos, foi altamente beneficiado com o desenvolvimento da construção de aquedutos, sendo dos primeiros registrados o aqueduto de abastecimento de Roma, construído em 305 anos a.C.. Traziam água geralmente de montanhas às vezes situadas a dezenas de quilômetros, havendo ainda hoje aquedutos que funcionam há mais de 2.000 anos.
- O emprego da força da água em movimento, para as mais diversas finalidades, surgiu com as primeiras rodas d’água, também em Roma, mais ou menos a 230 a.C..
- Já ao final da Idade Média, ao início da modernidade e da viabilização de grandes centros urbanos, emerge na Europa uma política florestal de longo prazo. Esta objetivava não somente o provimento de madeira, mas também a conservação do meio ambiente e a retenção natural de água (especialmente sob forma de chuva e orvalho), impedindo ainda a formação de torrentes destruidoras, as inundações e a desertificação do solo.

No plano geográfico-ambiental, a água recobre dois terços da superfície de nosso planeta e circula permanentemente, através da evaporação, formação de nuvens, precipitação sob a forma de chuva, neve, etc., e alimenta os rios, lagos e mares. Seu ciclo desempenha importante papel na morfogênese a superfície do planeta, no condicionamento do clima, na manutenção da biosfera e na

distribuição geográfica das espécies vegetais ou animais (Darwin, 1979; Gillon et al., 1986; Paiva, 2000; Bastos & Carvalho, 2002).

No âmbito da biologia, por suas propriedades físicas e químicas, além de ter sido o meio abundante em que se originaram os seres vivos mais primitivos, e onde vive a maioria das espécies atualmente existentes, representa o constituinte mais importante do meio interno de todos os organismos. Nos seres vivos em geral, sob a forma de soluções e suspensões diversas (líquido intersticial, seiva, sangue, linfa, líquido cefalorraquidiano, citoplasma, líquido amniótico, líquido sinovial etc.), a água transporta oxigênio e alimentos, remove dióxido de carbono e outros resíduos, assegura a circulação das células migradoras (leucócitos, plasmócitos, macrófagos etc.), das hemácias e plaquetas, dos anticorpos e hormônios, e de sinais químicos diversos. O equilíbrio hidro-eletrolítico é função essencial para cada organismo e sua manutenção condição básica para a vida. (Enc. Britannica, 1951, Guyton, 1988; Paiva, 2000).

No âmbito prático de sua utilização, água potável é aquela que está de acordo com os padrões do consumo humano (potabilidade), quando não oferece riscos para a saúde. As qualidades organolépticas da água são aquelas indicadoras de sua pureza percebida pelos receptores sensoriais do homem, isto é, cheiro (inodores), sabor (insípida), turbidez (totalmente límpida) e ausência de espuma. O homem, desde tempos imemoriais, valorizou a água como fonte de vida e saúde, atribuindo-lhe significados reais e simbólicos da maior importância como “pureza”, “cristalinidade”, “limpeza”, “brilho”, “lustro” e “preciosidade” (Enc. Britannica, 1951).

2.2 ESTRUTURA DA MOLÉCULA DE ÁGUA

A importância da água para a vida provém das suas características físicas e químicas que por sua vez resultam da sua estrutura molecular (Kramer & Boyer, 1995).

Quando os dois átomos de hidrogénio e o de oxigénio se combinam para formar água há uma partilha dos eletrons de valência, aos pares, entre os átomos de hidrogénio e o do oxigénio. Neste tipo de ligação, conhecida como covalente, cada átomo contribui com um elétron; os dois pares de elétrons compartilhados que constituem a ligação são mantidos juntos por ambos os núcleos. As ligações covalentes são muito fortes, e assim, a molécula de água é extremamente estável. (Costa, 2001)

A distribuição de cargas eléctricas na molécula de água é assimétrica: os elétrons não compartilhados do oxigénio encontram-se num lado, enquanto que os dois núcleos dos átomos de hidrogênio se encontram no outro. A molécula de água não é linear, formando antes um ângulo com aproximadamente 104,5°. Desta assimetria resulta um lado da molécula carregada negativamente e o outro lado positivamente, formando o que se chama um dipolo (Larcher, 1995).

Como consequência do carácter dipolar da água, o seu lado positivo é atraído por cargas negativas e o seu lado negativo é atraído por cargas positivas. Outra consequência da elevada polaridade da água é a sua capacidade para formar as chamadas pontes de hidrogénio, isto é, ligações entre átomos electro-negativos, como o oxigénio ou o azoto, através dum núcleo de hidrogénio (Taiz & Zeiger, 1998).

As moléculas de água no estado sólido (gelo) encontram-se dispostas simetricamente numa estrutura em que as pontes de hidrogénio formam uma malha. O átomo de oxigénio de cada molécula de água está rodeado de átomos de hidrogénio de outras moléculas numa disposição tetraédrica, de tal modo que os átomos de oxigénio formam anéis de 6 membros. Esta estrutura é chamada aberta porque o espaço dentro de cada anel é suficiente para acomodar outra molécula de água. No estado líquido as pontes de hidrogénio quebram-se e formam-se continuamente por rotação e vibração das moléculas de água, o que causa ruptura e reestruturação da malha com uma grande rapidez, talvez bilhões

de vezes por segundo. A grande quantidade de pontes de hidrogénio presentes na água no estado líquido, é responsável pelas características únicas e biologicamente importantes da água (Kramer & Boyer, 1995).

2.3 AGUA NO PLANETA TERRA

Hidrologia é a ciência que estuda a água na terra sob os mais variados aspectos, quais sejam: sua ocorrência, sua circulação, distribuição, suas propriedades físicoquímicas e suas relações e sua relação como meio ambiente, incluindo sua relação com os seres vivos relacionada com toda a água da Terra. (Chow, 1959).

2.3.1 O Ciclo da Água

É um fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre (Silveira, 1993).

Segundo Villela & Mattos (1975), o comportamento natural da água quanto as suas ocorrências, transformações e relações com a vida humana é bem caracterizado através do conceito de ciclo hidrológico. Para melhor compreensão deste ciclo pode-se visualizá-lo como tendo início com a evaporação da água dos oceanos. O vapor resultante é transportado pelo movimento das massas de ar. Sobre determinadas condições, o vapor é condensado, formando as nuvens que por sua vez podem resultar em precipitação. A precipitação que ocorre sobre a terra é dispersada de várias formas. A maior parte fica temporariamente retida no solo próximo de onde caiu e finalmente retorna à atmosfera por evaporação e transpiração das plantas. Uma parte da água restante escoar sobre a superfície do solo, ou através do solo para os rios, enquanto que a outra parte, penetrando profundamente no solo, vai suprir o lençol d'água subterrâneo. Devido à influência da gravidade, tanto o escoamento superficial como o subterrâneo são

realizados em direção a cotas mais baixas e podem, eventualmente, ser descarregados nos oceanos. Entretanto, quantidades substanciais da água superficial e subterrânea retornam à atmosfera por evaporação e transpiração antes de atingirem o oceano. Desta forma, pode-se destacar e resumir o ciclo hidrológico da seguinte maneira:

- Circulação da água, do oceano, através da atmosfera, para o continente, retorno, após detenção em vários pontos, para o oceano, através de escoamentos superficiais ou subterrâneos e, em parte própria atmosfera.
- Curtos-circuitos que excluem segmentos diversos do ciclo completo, como por exemplo a movimentação da água do solo e da superfície terrestre para a atmosfera, sem passar pelo oceano.

A característica de renovabilidade das águas da terra está intimamente ligada ao seu permanente mecanismo de circulação do ciclo hidrológico. Neste quadro, a energia termal de origem solar e a transpiração dos organismos vivos transformam parte da água dos oceanos e continentes (rios, lagos e umidade do solo) em vapor. Este sobe à atmosfera, engendrando condições propícias à vida na Terra, condensando e formando as nuvens. Sob a ação da energia gravitacional, a água atmosférica volta a cair na forma de chuva, neblina, neve, principalmente, indo alimentar o fluxo dos rios, a umidade do solo e os estoques de água subterrânea (Rebouças, 1997).

De acordo com Macedo (2000), a evapotranspiração é: A somatória da perda de água de um ecossistema pelos processos de evaporação (das superfícies de água e solo) e de transpiração (das plantas principalmente e animais) em área (mm ou cm) por tempo (dia). A evapotranspiração potencial é um índice da taxa máxima teórica na qual a água do déficit de pressão de vapor no ar, a velocidade do vento e a temperatura. A floresta é fundamental para o ciclo hidrológico

processo de circulação das águas composto por: evaporação, precipitação, transporte, escoamento superficial, infiltração, retenção e percolação porque a “produção” de água é uma das principais funções da floresta.

O desmatamento, a ocupação irracional das áreas de mananciais, as queimadas e outras irresponsabilidades crônicas continuam a reduzir a nossa cobertura vegetal, contribuindo para a diminuição da média e da distribuição pluviométrica. No caso brasileiro, o regime de alimentação ou recarga dos rios é essencialmente pluvial (proveniente da chuva), com exceção ao Rio Amazonas que possui seu regime de alimentação dependente do derretimento do gelo dos Andes. A diminuição da média e a modificação da distribuição geográfica das chuvas são extremamente graves em um regime dependente da alimentação pluvial (Cortez, 2004).

2.4. ÁGUA NAS PLANTAS:

A distribuição da vegetação sobre a superfície da terra é controlada mais pela disponibilidade de água do que qualquer outro fator. Cerca de 80 a 90% do peso fresco de uma planta herbácea e aproximadamente 50% das espécies lenhosas estão representados pela água. Além disso, ela é o solvente que permite que gases, minerais e outras substâncias possam penetrar nas células e fluir entre as mesmas e entre os vários órgãos do vegetal. Também é o reagente em muitos processos fisiológicos, incluindo a fotossíntese e a hidrólise do amido em açúcar. Além do seu papel na turgescência da célula e, conseqüentemente, no crescimento do vegetal (Silva & Freitas, 1998).

As plantas são divididas em três grupos, conforme suas relações com a água, em: hidrófitas, mesófitas e xerófitas. As primeiras vivem na água, parcialmente ou totalmente submersas. Entre as plantas terrestres, existem espécies que são adaptadas às condições de alta transpiração e escassez de água,

que são chamadas de xerófitas. O restante são denominadas mesófitas. (Castro, 2006).

Os diferentes padrões estruturais observados nos grandes grupos vegetais determinam que as estratégias relacionadas à obtenção e transporte de água sejam diferentes para as algas, briófitas e plantas vasculares. Através de estudos anatômicos de espécies vegetais ocorrentes nos diferentes ecossistemas do globo, se pode observar caracteres estruturais ou modificações presentes nas plantas, que refletem o tipo de hábitat das mesmas. No transcorrer do tempo, muitas espécies vegetais têm-se adaptado ao hábitat, tanto em suas características estruturais como fisiológicas, principalmente em relação aos fatores do meio como solo, temperatura, intensidade luminosa e disponibilidade de água. (Silva & Freitas, 1998).

2.4.1 PRINCIPAIS FUNÇÕES DA ÁGUA NAS PLANTAS:

A água tem propriedades que lhe permite atuar como um solvente e ser prontamente transportada ao longo do corpo da planta. Tais propriedades derivam primariamente da estrutura polar da molécula de água a água tanto faz parte de moléculas presentes no protoplasma celular como compõe água de hidratação e soluções, dissolvendo íons e pequenas substâncias orgânicas (Paiva & Oliveira, 2006).

Segundo Costa (2001), as principais funções da água nas plantas podem ser analisadas na estrutura, no crescimento, no transporte, no metabolismo e outras.

2.4.1.1 Na Estrutura:

- É a substância mais abundante em plantas em crescimento ativo, podendo constituir cerca de 90 % do peso fresco de muitos órgãos. Embora em sementes e em tecidos muito lignificados possam ter valores muito inferiores: 15 % ou mesmo menos.

- É o constituinte principal do protoplasma.
- Forma um meio contínuo através da planta. Devido às suas propriedades (viscosidade, tensão superficial, grandes forças de adesão e coesão) a água penetra na maioria dos espaços capilares, estabelecendo um meio contínuo através das paredes celulósicas e permeando totalmente o corpo da planta. Este volume de água atua como absorvente de calor e permite, em parte, a tamponização da temperatura interna.
- Permite o desenvolvimento de pressão de turgescência que dá um elevado grau de rigidez ao conteúdo celular e à parede celular envolvente. Nas plantas herbáceas é esta pressão que representa, em parte, o “esqueleto” que fornece suporte aos caules.
- A entrada e saída de água de certos tecidos ou células é responsável por uma série de micro-movimentos nas plantas, como por exemplo nas células guarda dos estomas, e no movimento dos folíolos de *Mimosa pudica*.

2.4.1.2 No Crescimento:

- A taxa de crescimento das plantas superiores é mais sensível e a sua resposta mais rápida, ao equilibrar uma situação de carência hídrica que a qualquer outro fator ambiental capaz de estabelecer uma situação de estresse.
- A fase de alongamento celular depende da absorção de água.

2.4.1.3 No Transporte:

- Para além de ser o meio onde se processa o transporte de substâncias várias nas plantas, é também o “veículo” de transporte.
- É o meio através do qual os gametas móveis efetuam a fertilização.

- É um dos meios mais importantes na dissiminação de esporos, frutos, sementes, etc.

2.4.1.4 No Metabolismo:

- Funções relacionadas com a capacidade de dissolver substâncias várias. Por exemplo, os nutrientes minerais entram na planta dissolvidos na água (solução do solo). As substâncias que não formam verdadeiras soluções, como acontece com muitas proteínas, formam sistemas coloidais com água e ao mudarem do estado sol ao gel, contribuem para os movimentos citoplásmicos. O oxigênio e o dióxido de carbono necessários à respiração e à fotossíntese encontram-se dissolvidos na água, dependendo ambos os processos da solubilidade daqueles gases na água.
- A água é o meio onde se processam várias reações bioquímicas, muitas das quais dependem, para ocorrer, que os reagentes estejam na forma iônica. Por outro lado, tanto os produtos como os reagentes de muitas reações difundem-se na água e é graças à sua movimentação de e para os sítios onde ocorrem as reações que existe uma certa regulação da taxa a que aquelas reações ocorrem.
- Fornece os íons H^+ e OH^- .
- É um reagente importante, principalmente nas reações de condensação e hidrólise.

2.4.1.5 Outras Funções:

- É um dos fatores ambientais mais importantes na distribuição dos vegetais na biosfera.
- A existência de uma carência hídrica pode predispor as plantas hospedeiras a ataques de agentes patogênicos.

- Contribui de forma decisiva para a tamponização da temperatura das plantas através da transpiração.

2.4.2 FORMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA NAS PLANTAS:

A entrada de água na planta ocorre por meio da absorção. As plantas absorvem água em toda a sua superfície, mas a maior parte do suprimento de água vem do solo (Paiva & Oliveira, 2006).

É pelas raízes que a planta absorve água e sais minerais da solução do solo. Mas, se a absorção é possível ao longo de toda a raiz, é, no entanto, através dos pêlos radiculares (zona pilosa da raiz) que a absorção é maior. Os pêlos radiculares são células epidérmicas com prolongamentos que se estendem por entre as partículas do solo. A existência de pêlos radiculares aumenta consideravelmente a superfície de absorção. A planta pode retirar água do solo desde que o potencial hídrico das suas raízes mais finas seja mais negativo que o da solução do solo na rizosfera (Larcher, 1995).

Em um corte transversal da estrutura primária da raiz, são nitidamente distintos três sistemas de tecidos: dérmico, fundamental e vascular. Considerando-se de fora para dentro: epiderme, córtex e cilindro vascular. A epiderme é a camada mais externa, formada de células de paredes delgadas. O córtex é constituído de células irregulares e espaços intercelulares. Terminando o córtex temos a endoderme, camada de células cujas paredes apresentam um reforço de suberina ou suberina-lignina, constituindo as chamadas “faixas ou estrias de Caspary”. O cilindro vascular é circundado pelo periciclo e apresenta em seu interior os feixes liberianos e xilemáticos. (Castro, 2006).

O movimento da água das células mais externas da raiz até o xilema radicular pode ocorrer via apoplasto (através dos espaços intercelulares) ou via simplasto (entre células via plasmodesmos). Até a endoderme, a rota principal

para o movimento da água é via apoplasto. Da endoderme até o xilema o movimento ocorre via simplasto (Paiva, 2000).

2.4.2.1 Fatores que Condicionam a Absorção de Água

A quantidade de água absorvida pelo sistema radicular depende da quantidade de água do solo disponível para a planta, do arejamento, da temperatura do solo, da concentração da solução e da taxa de transpiração. (Costa, 2008).

A água que está disponível para a planta vai diminuindo à medida que a planta a utiliza, os espaços capilares vão-se esvaziando e as partículas do solo retêm cada vez mais energeticamente a água que resta. Os solos encharcados, no entanto, também prejudicam a absorção. Eles são pouco arejados e portanto deficientes em oxigênio. O processo respiratório é afetado e não se forma energia suficiente para o transporte ativo. Concentrações muito elevadas de íons em solução do solo também dificultam a absorção através de inversão no fluxo osmótico. As baixas temperaturas fazem diminuir a absorção, podendo levar à congelação da água do solo e a absorção ser então nula. As temperaturas elevadas, mas dentro de valores compatíveis com a vida, favorecem a absorção, verificando-se uma relação entre as taxas de absorção e transpiração. (Leite, 1998).

2.4.2.2 Transporte no Xilema

Para a maioria das plantas o xilema constitui a parte mais longa da via de condução da água no seu interior. O xilema consiste de quatro tipos de células: os traqueídeos, os elementos xilémicos, as fibras, e o parênquima xilémico. As células do parênquima, sobretudo nas plantas lenhosas, são as únicas que estão vivas. Estas células ocorrem essencialmente nos raios que aparecem radialmente na madeira das árvores, mas também existem células do

parênquima espalhadas pelo xilema. As fibras são células de esclerênquima dispostas ao longo dos feixes e que lhes conferem resistência; Os traqueídeos e os elementos xilêmicos dispostos verticalmente são as células que estão envolvidas no transporte da solução xilémica. Quando a água e os seus minerais atingem os vasos xilêmicos, são transportados até às folhas. Para explicar este movimento surgiram duas teorias: Pressão radicular e Coesão-tensão (Costa, 2001).

2.4.2.3 Teoria da Pressão Radicular

Sempre que por qualquer motivo uma planta não estiver a transpirar desenvolve-se uma pressão positiva nos vasos xilêmicos da raiz e da base dos caules. Os ions minerais são acumulados activamente pelas células da raiz e são bombeados para dentro do xilema, onde, devido à ausência de transpiração, o movimento de água é negligível causando um aumento da concentração dos sais. Este aumento em sais provoca uma diminuição do potencial osmótico no xilema, o que causa uma entrada de água por osmose (Taiz & Zeiger, 1998).

O movimento da água, através dos tecidos da raiz para o cilindro central, ocorre através das paredes das células. No entanto, a água tem de passar pelas membranas e protoplastos das células da endoderme, porque as suas paredes são impermeáveis à água. Todo o anel formado pelas células da endoderme actua como uma simples membrana, com uma solução concentrada no lado do xilema, e uma solução diluída no lado do cortex. Assim, a raiz funciona como um osmómetro, com a água a difundir-se em resposta a uma diferença de concentrações, do solo através da “membrana” endoderme para o xilema. Isto causa o aumento da pressão nas células do xilema. A parede impermeável da endoderme também impede que os sais bombeados para o xilema se difundam de novo para o córtex e para o exterior da raiz (Costa, 2001).

Quando se destaca, ao nível do solo, o caule de uma planta que não esteja a transpirar, a superfície de corte exuda grande quantidade de fluido. Se colocar um manómetro na extremidade cortada, observar-se-á que as raízes estão a produzir uma certa pressão, é a chamada pressão radicular (Taiz & Zeiger, 1998).

2.4.2.4 Teoria da Coesão-Tensão

Nesta teoria, o movimento ascensional de soluto xilémico explica-se do seguinte modo: a planta, através das folhas, perde água por transpiração; o conteúdo celular fica mais concentrado e a falta de água é repostada com água vinda das células vizinhas. Eventualmente, esta água pode provir diretamente dos vasos xilémicos; as folhas passam a exercer uma tensão ou força de sucção que se faz sentir ao longo da coluna de xilema do caule. Sujeitos a esta força de sucção, a água e os sais minerais circulam desde a raiz até às folhas, numa coluna contínua; a continuidade da coluna de líquido é explicada pelas forças de coesão (união de moléculas idênticas) das moléculas de água e adesão (atração e união de moléculas diferentes) das moléculas de água às paredes dos vasos estreitos do xilema (Leite, 1998).

O que determina a ascensão de soluto xilémico é, portanto, a sucção transpiratória, já demonstrada por Dixon e Joly no princípio do século (1914). Este mecanismo é conhecido por teoria de Dixon, por mecanismo de coesão-adesão-tensão ou sucção transpiratória.

2.4.3 AS PERDAS DE ÁGUA PELA PLANTA:

2.4.3.1 A Transpiração:

De toda a água absorvida pelo sistema radicular apenas uma pequena fração fica retida na planta. A maior parte é evaporada pela parte aérea para o ar circundante. A esta perda de água pelas plantas, na forma de vapor, dá-se o

nome de transpiração. A transpiração nas plantas pode ser cuticular, lenticular e estomática. A primeira é uma interface líquido-vapor na qual ocorre a evaporação, as outras duas são uma via estrutural para o movimento do vapor que existe entre um espaço já preenchido com vapor de água e a atmosfera (Salisbury & Ross, 1992).

Tipos de Transpiração nas Plantas:

- **A transpiração cuticular:** Nas paredes exteriores das células da epiderme de todos os órgãos da parte aérea de plantas herbáceas, nas folhas e caules jovens das restantes plantas, existe uma estrutura chamada cutícula. A cutícula apresenta duas zonas: a mais exterior e que constitui a cutícula propriamente dita, formada essencialmente por cutina; e a camada cuticular constituída por placas de celulose e cutina. Na cutícula propriamente dita podem existir depósitos de ceras e cristais de outras substâncias lipídicas (Mazliak, 1975).

A camada cuticular pode conter quantidades variáveis de água dependendo da hidratação da cutícula. Assim, a transpiração cuticular ocorre a uma taxa que depende não só do déficite de vapor de água da atmosfera, mas também da área da superfície da água exposta ao ar.

A perda de água pela cutícula é geralmente muito pequena, com excepção das plantas sem estomas funcionais, como musgos e fetos. Nas coníferas e nas árvores de folha caduca, a transpiração cuticular pode representar, respectivamente, de 1/30 a 1/40 e de 1/8 a 1/12 da transpiração estomática. Nas folhas jovens, a transpiração cuticular pode constituir 1/3 a 1/2 da transpiração total (Sebanek, 1992).

- **A transpiração lenticular:** Na grande maioria das plantas existem zonas da periderme, quer dos caules, quer das raízes, em que as células têm um arranjo menos estruturado, podendo ou não ter as paredes

suberizadas. A estas zonas dá-se o nome de lentículas. As células, de maiores dimensões, do tecido complementar apresentam numerosos espaços intercelulares o que leva a pensar que a função das lentículas está relacionada com as trocas gasosas, embora a sua importância a nível da planta, como um todo, seja aparentemente diminuta (Costa, 2001).

- **A transpiração estomática:** A transpiração estomática consiste na saída de vapor de água da planta, através dos estomas situados na epiderme duma folha ou caule verde e representa um dos processos de maior importância na interação entre a planta e o ambiente. Por esta razão, e porque quando consideramos a transpiração como um todo, a componente estomática é largamente dominante, passaremos a tratar a transpiração como se fosse apenas estomática (Costa, 2001).

Fatores que Influenciam a Transpiração: Segundo Kramer (1995); Salisbury et al (1992), os principais fatores que influenciam na transpiração dos vegetais podem ser separados em fatores ambientais e fatores da própria planta:

- **Fatores Ambientais:** Dentre os fatores ambientais que influem na transpiração, destaca-se a radiação solar, a temperatura, a umidade relativa do ar e o vento.
 - Radiação Solar: É um dos fatores mais importantes na transformação da água do estado líquido em vapor. Quanto mais intensa a radiação solar, maior transpiração..
 - Temperatura: Tem influência direta na transpiração; assim, a transpiração aumenta, conforme a elevação de temperatura.
 - Umidade relativa do ar: Teria um efeito inverso, quanto maior a umidade ambiental, menor seria a transpiração, pois diminui o

gradiente de pressão de vapor de água na folha e no ar que a envolve.

- Vento: Tem um papel importante, pois ventos moderados evitariam a acumulação de ar saturado em cima da folha, podendo aumentar, dessa forma, a transpiração, haveria uma diminuição da resistência do ar (R_{ar}). Além desses fatores, as características químicas e principalmente físicas do solo têm importância.

- **Fatores da Própria Planta:** As características anatômicas, próprias de cada vegetal, podem influir na transpiração. A espessura da cutícula, o tamanho e a forma das folhas, a cor, o revestimento (pilosidades) e a orientação delas, em relação à luz, o número e a localização dos estômatos (se mais profundos ou mais superficiais), a proporção do parênquima paliçádico e do lacunoso. Numa mesma planta pode haver variação na transpiração, se folhas encontram-se a pleno sol ou na sombra. Determinadas características próprias do vegetal são devidas ao seu centro de origem e vão influenciar na transpiração.

2.4.3.2 A Gutação:

Além da perda de água na forma de vapor que ocorre na transpiração, as plantas também perdem água na forma líquida no processo denominado gutação. Este ocorre quando o ar está saturado de vapor de água, de modo que a transpiração diminui ou pára. Esta saída de água no estado líquido ocorre através de estruturas chamadas hidátodos. Estes secretam água que é levada para a superfície da folha pelos traqueídeos terminais dos feixes vasculares. Esta água passa através dos espaços intercelulares do parênquima do hidátodo que não possui cloroplastos e que é denominado epitema. Os espaços intercelulares

abrem para o exterior através de poros especiais que são originariamente estomas que permanecem sempre abertos. (Costa, 2001).

2.4.4 ADAPTAÇÕES ESTRUTURAIS DAS PLANTAS AO AMBIENTE

Por adaptação entende-se a possível harmonia entre o organismo e o meio. Quando as plantas estão naturalmente ajustadas às condições ambientais, todas as características estruturais e funcionais capazes de atenderem a tal ajustamento serão adaptativas (Rizzini 1997).

Segundo a definição de Combes (1946), adaptação é o conjunto de modificações provocadas na constituição de um organismo pela ação contínua de um meio diferente daquele onde, inicialmente, este se desenvolveu ou seus ascendentes.

Conforme Rizzini (1997), os fatores morfogenéticos são aqueles que influenciam a forma e a estrutura dos vegetais. São, portanto, condições de clima e de solo capazes de determinarem ou modificarem, mais ou menos visivelmente, a organização vegetal. Embora para cada ser vivo haja um padrão de desenvolvimento estabelecido e comandado pelo seu patrimônio genético (genótipo), os fatores abióticos atuam sobre os genes, modificando a sua expressão em vários sentidos.

Durante a história evolutiva das plantas, diversas alterações ambientais drásticas ocorreram no ambiente, isso direcionou o desenvolvimento de caracteres adaptativos a essas novas condições, eliminando as plantas que não apresentavam características adaptadas a elas. Por força da seleção natural esses caracteres adaptativos foram fixados geneticamente, de maneira que a forma atual é o produto final da interação genótipo-ambiente, que a evolução apresentou nos habitats naturais. O resultado da adaptação fixada no genótipo é tão bem definido que pequenas variações no ambiente não irão modificar o fenótipo da planta, como, por exemplo, os exemplares da família Cactaceae que

apresentam folhas transformadas em espinhos, independente do ambiente em que se desenvolvem (Raven et al., 1996).

Na atualidade, em alguns casos e dependendo do ambiente em que ocorram, as plantas estão mais expostas a modificações por fatores de desenvolvimento ou ambientais do que outras mais estáveis. Há genótipos com maior ou menor grau de plasticidade fenotípica, permitindo a ocorrência de seus representantes em ambientes diversos ou não, respectivamente (Heywood, 1970).

Portanto, a plasticidade fenotípica é a habilidade de um organismo em alterar sua fisiologia/morfologia em resposta a mudanças nas condições ambientais; habilidade particularmente importante para as plantas, cujo estilo de vida estática requer que as mesmas lidem com as diferentes condições ambientais (Schlichting, 1986).

Por exemplo, uma mesma planta exibe, freqüentemente, folhas morfológicamente diferentes denominadas folhas de sol e de sombra, de acordo com o grau de exposição a que estiveram sujeitas (Rizzini, 1997).

Deve-se lembrar, no entanto, que plasticidade fenotípica não implica necessariamente em adaptação, podendo ser, inclusive, negativa (Schlichting, 1986).

2.4.4.1 Adaptações Úteis Contra a Perda de Água

Adaptações de órgãos ou estruturas relacionadas com a prevenção ou redução à perda de água; comum em plantas de ambientes secos (xéricos) ou que vivem sobre as rochas (Alquini et al., 2003).

- **Cutícula:** A parede das células epidérmicas apresenta cutina, principalmente nas partes aéreas da planta, como as folhas. A cutina é um composto de lipídios, impermeável à água, que se encontra impregnada às paredes epidérmicas ou se apresenta como camada

separada, denominada de cutícula, na superfície da epiderme. Sua função é de proteção contra a perda d'água (Alquini et al., 2003).

- **Pilosidade densa:** Na superfície das plantas podem ocorrer apêndices de origem epidérmica, comumente denominados tricomas, muito variáveis na sua estrutura e de valor diagnóstico para a taxonomia. Como apresentam grande variedade de formas, podem ser classificados de diversas maneiras. São classificados em tectores (não glandulares) e glandulares. (Esau, 1974; Alquini et al., 2003). Os tricomas tectores possuem função protetora, evitando a transpiração excessiva (Oliveira & Akisue, 1989).
- **Posição dos estômatos na folha:** Nas folhas, os estômatos podem ser encontrados apenas na face superior (adaxial), sendo a folha classificada como epiestomática, como ocorre na folha da ninféia e outras plantas aquáticas flutuantes; somente na face inferior (abaxial), sendo a folha classificada como hipoestomática; ou ocorrer em ambas as faces e sendo denominada de folha anfiestomática (Esau, 1974; Alquini et al, 2003).
- **Estômatos afundados na epiderme e oculto em criptas:** Os estômatos estão relacionados com a entrada e saída de ar no interior dos órgãos em que se encontram ou, ainda, com a saída de água na forma de vapor. São encontrados freqüentemente nas partes aéreas fotossintetizantes, principalmente nas folhas, e podem também ser encontrados, em menores quantidades, nos pecíolos, caules jovens e partes florais (Alquini et al., 2003). As células estomáticas podem se encontrar no mesmo nível das demais células epidérmicas, estar elevadas em relação a estas, ou em depressões. Em algumas folhas, essas depressões são amplas e contêm muitos tricomas e estômatos, sendo denominadas criptas estomáticas. Como, nesse caso, o

estômato não fica exposto às condições do ambiente, isso diminui a perda de água. A posição das células estomáticas normalmente está relacionada às condições hídricas do ambiente (Esau, 1974; Alquini et al., 2003).

- **Células Buliformes:** As células buliformes são maiores que as demais epidérmicas e possuem parede celular fina e grande vacúolo. Constituem a epiderme adaxial inteiramente ou ocupam áreas isoladas entre as nervuras. Em secção transversal, as células buliformes são facilmente reconhecidas pela forma de leque, cuja célula central é a mais alta. Não possuem cloroplastos e o seu vacúolo armazena água. Denominam-se também células motoras, por estarem, acredita-se, envolvidas no mecanismo de enrolamento e desenrolamento das folhas (Alquini et al., 2003).
- **Suculência:** Algumas espécies apresentam um tecido especializado no armazenamento de água, no caule ou folhas, como nas Cactaceae, e em folhas e raízes de plantas epífitas e xerófitas. As células são volumosas, com grande vacúolo e paredes finas e geralmente desprovidas de cloroplastos. As células aquíferas são ricas em mucilagem, o que aumenta sua capacidade de reter água, pois a mucilagem é hidrófila (Scatena & Scremin-Dias, 2003).
- **Espinescência:** Caules suculentos não só armazenam muita água, como serve também de órgão assimilador pela superfície bem verde, ao passo que as folhas são suprimidas ou reduzidas, existindo no seu lugar só alguns feixes de espinhos (Rawitscher, 1976).

2.4.4.2 Adaptações Úteis à Flutuação na Água

- **Aerênquima** Também chamado de parênquima aerífero, a função desse tecido é armazenar ar entre suas células. Tem como principal

característica a presença de grandes e numerosos espaços intercelulares ou lacunas, onde o ar é acumulado. O aerênquima é comum principalmente em plantas aquáticas, mas pode estar presente em outras plantas, em geral naquelas que habitam solos sujeitos ao alagamento. O aerênquima pode estar distribuído nas raízes, caules e folhas, contribuindo para o transporte de gases para toda a planta e resistência mecânica para as partes submersas, além de permitir sua flutuação. Em geral as folhas flutuantes apresentam o pecíolo preso ao centro do limbo, dando uma maior estabilidade, o que permite uma melhor acomodação à superfície d'água. Essas folhas podem apresentar cristais ou células chamadas esclereídes, que fornecem sustentação ao órgão, bem como evitam a herbivoria (Scremin-Dias, 1999).

2.4.4.3 Adaptações Relevantes à Vida em Ambiente Aquático:

- **Superfície permeável ao líquido circundante e circulação interna do ar:** Segundo Scremin-Dias (1999), as folhas das plantas aquáticas submersas são geralmente muito finas e recortadas, apresentando internamente poucas camadas de células, de formato homogêneo, e muitos espaços aeríferos. As folhas delgadas constituem adaptações importantes para a planta suportar turbulências ou oscilações da água, evitando a dilaceração do órgão. Na margem das folhas submersas podem ocorrer fibras que apresentam certa elasticidade, as quais oferecem resistência à dilaceração.

2.4.4.4 Adaptações para a Reserva de Água e Substâncias Nutritivas

- **Tubérculos aquíferos e amiláceos, bulbos, rizomas:** As células desses órgãos apresentam parênquima amilífero, as células

reservam grão de amido, sendo este carboidrato depositado nos amiloplastos. O parênquima amilífero ocorre nos caules da batata-inglesa, na raiz da batata-doce e da mandioca, nos rizomas de várias espécies de monocotiledôneas, e outros órgãos subterrâneos, tanto de dicotiledônea como de monocotiledônea. Essas reservas, contidas nas células do parênquima amilífero, podem servir de alimento a diversas espécies de animais ou constituir estratégia para sobrevivência de plantas que habitam ambientes com sazonalidade bem definida. Nesse caso, os órgãos subterrâneos permanecem ricos em amido durante o período em que o ambiente possui algum fator limitante para a propagação da espécie, sendo utilizado pela planta quando as condições ambientais estiverem favoráveis (Scatena & Scremin-Dias, 2003).

2.4.4.5 Adaptações das Plantas Epífitas

As epífitas são plantas que se estabelecem diretamente sobre o tronco, galhos, ramos ou sobre as folhas das árvores sem a emissão de estruturas haustoriais (prolongamentos que sugam a seiva da planta hospedeira), e as plantas que as sustentam são denominadas forófitos (Dislich, 1996).

A importância ecológica do epifitismo nas comunidades florestais consiste na manutenção da diversidade biológica e no equilíbrio interativo: as espécies epifíticas proporcionam recursos alimentares (frutos, néctar, pólen, água) e microambientes especializados para a fauna do dossel (linha imaginária onde a copa das árvores se encontram), constituída por uma infinidade de organismos voadores, arborícolas e escansoriais (Waechter, 1992).

A capacidade de elaborar quantidades consideráveis de biomassa suspensa, associada à retenção de água e detritos, confere aos epífitos vasculares

um importante papel na produtividade primária e na ciclagem de nutrientes da floresta (Nadkarni, 1986).

Em função das características fisiológicas e nutricionais, as epífitas têm um papel fundamental em estudos sobre a interferência antrópica no ambiente, uma vez que as mesmas se utilizam da umidade atmosférica absorvendo-a diretamente pelas folhas ou talos, tornando-se mais expostas às ações dos poluentes (Aguiar et al., 1981).

Os principais mecanismos de adaptação das epífitas vasculares para a captação e retenção de água e nutrientes são: pseudobulbos (Orchidaceae); suculência de raízes, caules e folhas (Gesneriaceae, Piperaceae, Cactaceae, Orchidaceae); velame revestindo raízes, que é um tecido morto que incha-se para reter o excesso de água e reduz a evaporação (Orchidaceae, Araceae); escamas foliares e cisternas acumuladoras de água formadas pelo imbricamento das bainhas foliares (Bromeliaceae) (Benzing, 1995).

Geralmente a epiderme, nas raízes subterrâneas, é uniestratificada, mas as raízes de plantas epífitas principalmente orquídeas e aráceas, desenvolvem uma epiderme multisseriada, denominada de velame (velamen), que é constituída de células mortas, dispostas de maneira compacta e que frequentemente, apresentam paredes com espessamentos secundários. O tecido em questão é interpretado, na maioria dos trabalhos como sendo um tecido adaptado à absorção de água e minerais suspensos na atmosfera circundante; mas, pesquisas de natureza fisiológica, realizadas com velame de orquídeas, indicaram que a função principal do tecido é desenvolver proteção mecânica e redução de perda de água do córtex. (Castro, 2006).

As pteridófitas epifíticas (samambaias, avencas) apresentam uma estratégia denominada poiquiloidria: podem dessecar a fronde e subsistir com pequena fração de água tomada da atmosfera; saturam-se prontamente quando

chove e prosseguem em suas atividades vitais até novo dessecação (Rizzini, 1997).

2.4.5 O BALANÇO HÍDRICO:

O balanço hídrico é a diferença entre a água absorvida e a água perdida por um ser vivo, num determinado espaço de tempo. Os processos básicos envolvidos no balanço hídrico de uma planta são: a absorção, a condução e a perda de água. Para que o balanço hídrico de uma planta seja mantido a níveis razoáveis, ou seja, positivo, é necessário que as taxas relativas a estes três processos básicos se ajustem (Costa, 2001).

Segundo Lancher (1995), o balanço torna-se negativo sempre que a absorção de água for inferior à transpiração. Se os estomas diminuam a sua abertura devido a este *deficit*, então a transpiração pode diminuir sem que haja alteração na absorção e um balanço próximo de zero pode ser restabelecido após uma passagem transitória por valores positivos. Assim, o balanço hídrico de uma planta está continuamente a oscilar entre desvios positivos e negativos. Estas oscilações podem ser de curta ou de longa duração:

- **As oscilações de curta duração** refletem a ação combinada dos vários mecanismos reguladores do estado hídrico, particularmente mudanças na abertura estomática.
- **As oscilações ao longo do dia** afastam-se mais do equilíbrio, particularmente na mudança entre o dia e a noite. Durante o dia o balanço hídrico vai ficando quase sempre, gradualmente negativo. Durante a noite, se houver água no solo, o balanço hídrico é restaurado para valores próximos de zero. É por isso que em certos estudos faz-se necessário determinar o potencial hídrico das folhas ao nascer do sol antes dos estomas se abrirem, isto é, o potencial hídrico basal (“Pre-Dawn”). A razão é que este potencial hídrico exprime o equilíbrio no

SPAC¹ e portanto o seu valor é igual em qualquer um dos seus componentes: solo, raiz, xilema ou folhas.

Quando se começa a desenvolver um balanço negativo nas folhas, ocorre imediatamente uma medida regulatória de curta duração que consiste numa transferência de água dos tecidos que a têm, como sejam os parênquimas cortical e floémico (Costa, 2001).

- **As oscilações sazonais.** Durante os períodos de seca o conteúdo hídrico frequentemente não é totalmente restabelecido durante a noite, de modo que o deficit acumula-se de dia para dia até que volte a chover (Larcher, 1995).

2.4.6 O ESTRESSE DA SECA:

O estresse é, na maior parte das definições, um desvio significativo das condições ótimas para a vida, o que origina mudanças e respostas a todos os níveis do organismo. Estas respostas são inicialmente reversíveis mas podem tornar-se permanentes. Mesmo se o acontecimento causador de estresse for temporário, a vitalidade da planta diminui com o prolongar do estresse. Quando a capacidade da planta para se ajustar é atingida, o que era até aí um dano latente, passa a doença crónica ou dano irreversível (Larcher, 1995).

A seca é um dos principais fatores que leva ao déficit hídrico, estando relacionada, principalmente, com um período de falta de precipitação. Durante o período da seca ocorre uma diminuição do conteúdo de água no solo, submetendo as plantas ao déficit de água (Paiva & Oliveira, 2006).

O estresse ambiental pode ser causado por um “input” energético demasiado grande ou insuficiente; ou por um “turnover” demasiado rápido ou

¹ SPAC: o movimento da água através do solo, das raízes, dos caules e das folhas e a sua evaporação para o ar.

demasiado lento de um substrato; ou ainda ser o resultado de influências externas inadequadas ou inesperadas (Larcher, 1995).

Entre os agentes causadores de estresse abióticos muitos são climáticos, exercendo os seus efeitos na atmosfera e no solo (Larcher, 1995):

- Entre os fatores atmosféricos temos a radiação excessivamente elevada ou insuficiente; a temperatura que também pode ser excessiva ou insuficiente, podendo esta última ser acompanhada por geada, gelo ou neve; precipitação deficiente e seca; ventos fortes, etc.
- No solo podem ocorrer concentrações elevadas de sais, ou deficiências minerais; acidez ou alcalinidade excessivas; solos instáveis, areias movediças, águas de escorrência; deficiência em oxigênio nas zonas em que os solos são muito compactos, ou estão encharcados.

A deficiência de água no solo causa a perda progressiva do turgor protoplasmático e um aumento na concentração de solutos. Posteriormente, um distúrbio na função celular é ocasionado, surgindo uma diminuição na atividade funcional da célula, culminando com o desarranjo e perda de funções das estruturas protoplasmática (especialmente as membranas) (Paiva & Oliveira, 2006).

Os estresses bióticos são particularmente comuns em locais onde a densidade populacional é elevada, ou onde as plantas são muito utilizadas por animais ou microorganismos. Para além dos fatores naturais os seres humanos são responsáveis por muitos estresses físicos e químicos aos quais as plantas não são capazes de desenvolver qualquer mecanismo de defesa (Larcher, 1995).

2.4.7 EFEITOS DA SECA NA FISIOLOGIA DAS PLANTAS:

O termo seca indica um período sem precipitação apreciável, durante o qual o conteúdo em água do solo é reduzido de tal modo que as plantas sofrem de falta de água. Frequentemente, mas não invariavelmente a secura do solo está

associada a uma forte evaporação causada pela secura do ar e elevados níveis de radiação (Larcher, 1995).

A absorção de água pelas raízes ocorre devido a um gradiente de potencial hídrico entre solo e a raiz. Isto é, quando o solo seca e seu potencial hídrico declina, as plantas passam a apresentar dificuldade para extrair água do solo, rápido o suficiente para balancear as perdas por transpiração. Sob estas condições, as plantas perdem o turgor e murcham. Eventualmente, um valor de potencial hídrico pode ser alcançado, aonde o conteúdo de água no solo é tão baixo, que a planta é incapaz de extrair água do solo e a perda de turgor é permanente (Paiva & Oliveira, 2006).

Algumas das primeiras respostas ao estresse parecem ser mediadas predominantemente por acontecimentos biofísicos mais do que por alterações de reações químicas causadas pela desidratação (Taiz & Zeiger, 1998).

2.4.7.1 Alterações no Crescimento

À medida que o conteúdo em água diminui, a célula encolhe cada vez mais e as paredes relaxam, os solutos ficam cada vez mais concentrados e a membrana plasmática torna-se mais espessa, uma vez que cobre uma área menor. Como a perda de turgidez é o primeiro efeito biofísico da carência hídrica, as atividades relacionadas com a turgidez são as mais sensíveis ao *deficit* hídrico. O crescimento celular é um processo dependente da turgidez e conseqüentemente é extremamente sensível à deficiência hídrica. A carência hídrica não limita apenas a dimensão das folhas individuais, mas também o número de folhas numa determinada planta, porque diminui quer o número quer o crescimento dos ramos. O processo do crescimento dos caules é menos estudado, mas provavelmente é afetado pelas mesmas forças que limitam o crescimento foliar durante o stresse (Taiz & Zeiger, 1998).

2.4.7.2 Alterações na área Foliar

Outra estratégia adotada pelas plantas para resistirem ao déficit hídrico é a diminuição da área de transpiração, que é efetuada mediante um rápido e reversível enrolamento das folhas. Este mecanismo é mais comuns em gramíneas e ciperáceas. Muitas plantas lenhosas que se desenvolvem em regiões com períodos secos adotam como medida de redução da superfície de transpiração a abscisão foliar parcial ou completa, até que passe o período seco. (Paiva & Oliveira, 2006).

2.4.7.3 Alterações no Sistema Radicular

A expansão foliar é muito mais sensível que a fotossíntese a uma limitação da absorção em água. A inibição do desenvolvimento das folhas reduz o consumo de carbono e de energia e, assim, uma proporção maior dos foto-assimilados pode ser atribuída às raízes, permitindo-lhes continuar a crescer. Simultaneamente os ápices radiculares no solo seco começam a perder turgidez. Tudo isto leva a que o crescimento radicular se processe essencialmente para as zonas que permanecem úmidas. Assim, é frequente ver um sistema radicular essencialmente superficial quando todas as camadas estão úmidas e quando as camadas superficiais começam a secar uma proliferação de raízes mais profundas (Costa, 2001).

As plantas que se desenvolvem em regiões mais secas melhoram a absorção de água desenvolvendo sistemas radiculares mais profundos, como é o caso de plantas lenhosas nativas dos cerrados. Suas raízes podem chegar a ser dez vezes mais longas do que a parte aérea, permitindo que a planta busque água em horizontes mais profundos do solo. Isto nem sempre é eficiente, pois a planta pode estar se desenvolvendo em solo raso, não havendo espaço suficiente para o desenvolvimento das raízes e, neste caso, as plantas que podem manejar as

pequenas quantidades de água, estocadas em um volume limitado de solo, têm mais chance de resistir a períodos de seca (Paiva & Oliveira, 2006).

O aumento do crescimento das raízes para as camadas úmidas, mais profundas, depende da distribuição de fotoassimilados para os ápices radiculares. Normalmente, os frutos predominam sobre as raízes em termos de preferência para a distribuição de fotoassimilados que assim são desviados das raízes. Esta competição entre frutos e raízes para os fotoassimilados permite explicar porque razão as plantas são mais sensíveis a um deficit hídrico na fase da reprodução que na fase vegetativa (Taiz & Zeiger, 1998).

2.4.7.4 Alterações na Abertura Estomática

Várias estratégias foram desenvolvidas pelas plantas para reduzir a perda de água e fazerem uso mais eficiente da pequena quantidade que ainda possa ser encontrado no solo. Uma das estratégias utilizadas pelas plantas é a redução da transpiração, por meio do fechamento antecipado dos estômatos e eficaz proteção cuticular e pela indução da abscisão foliar. O aumento nos níveis de ácido abscísico e etileno nas folhas funcionam como modulador do fechamento dos estômatos e abscisão foliar, respectivamente, possibilitando maior controle da perda de água (Paiva & Oliveira, 2006).

2.4.7.5 Alterações na Fotossíntese

A taxa de fotossíntese líquida na folha (expressa por unidade de área foliar) é raramente tão sensível a um estresse moderado como a expansão foliar. A razão para isto é que a fotossíntese é muito menos sensível a alterações de turgidez do que a expansão foliar (Costa, 2001).

O estresse hídrico geralmente afeta quer a condutância estomática, quer a atividade fotossintética na folha. No início do estabelecimento da seca, a eficiência fotossintética do uso da água - WUE (Water Use Efficiency - CO₂)

absorvido na fotossíntese por vapor de água perdido na transpiração) pode aumentar porque o fecho parcial dos estomas vai afetar mais a transpiração que a absorção do CO₂. No entanto, à medida que o estresse se torna mais severo a WUE vai diminuindo e a inibição do metabolismo da folha vai sendo mais inibido (Taiz & Zeiger, 1998).

2.4.7.6 Alterações na Translocação de Carboidratos:

O transporte floêmico, está dependente da fotossíntese e também da utilização dos fotoassimilados nas zonas de consumo ou armazenamento. O estresse hídrico diminui a fotossíntese e o consumo de fotoassimilados nas folhas. Como a translocação está dependente da turgidez poder-se-ia pensar que assim que o potencial hídrico diminuisse no floema devido ao estresse, o movimento de fotoassimilados ficaria também diminuído. No entanto, há dados que apontam para que a translocação só é afetada muito mais tarde quando outros processos, como a fotossíntese, já foram muito afetados (Costa, 2001).

A insensibilidade relativa da translocação à seca permite que a planta mobilize e use as reservas quando são necessárias (por exemplo no enchimento do grão), mesmo quando o estresse é muito severo. Pensa-se que a translocação contínua do carbono é um fator chave em quase todos os aspectos da resistência à seca (Taiz & Zeiger, 1998).

2.4.7.7 Ajustamento Osmótico:

À medida que o solo seca o seu potencial mátrico torna-se cada vez mais negativo. As plantas só conseguem absorver água enquanto o seu potencial hídrico for mais negativo que o do solo. O ajustamento osmótico, ou acumulação de solutos pelas células, é um processo pelo qual o potencial hídrico pode diminuir sem que haja diminuição na turgidez. O ajustamento osmótico não deve ser confundido com um aumento na concentração de solutos que

ocorre durante a desidratação e a diminuição de volume celular. No ajustamento osmótico o aumento na concentração de solutos é independente das alterações no volume das células resultantes da perda de água. Normalmente os sais usados no ajustamento osmótico são íons inorgânicos como o potássio; ácidos orgânicos; açúcares; amino ácidos, etc. Os sais inorgânicos são armazenados no vacúolo de forma a não interferirem com o metabolismo do citoplasma. Os orgânicos, que não interferem com o metabolismo, são chamados solutos compatíveis e são acumulados no citoplasma de forma a manter o equilíbrio hídrico entre o vacúolo e o citoplasma. As folhas que são capazes de ajustamento osmótico mantêm a turgidez para potenciais hídricos mais baixos, o que lhes permite continuarem a crescer e facilita a manutenção da abertura estomática durante mais tempo. Como exemplo, podemos comparar o comportamento de duas espécies ao longo de um período de seca: a beterraba (*Beta vulgaris*) que é uma espécie que é capaz de ajustamento osmótico e o grão de bico (*Vigna unguiculata*), uma espécie que conserva a água através de um melhor controle da abertura estomática. Ao longo da experiência, a beterraba manteve sempre o potencial hídrico foliar mais negativo que o grão de bico, mas a fotossíntese e a transpiração foram apenas ligeiramente superiores na beterraba. A grande diferença entre as duas espécies foi o potencial hídrico. Estes resultados mostram que o ajustamento osmótico promove tolerância à desidratação, mas não é muito eficaz em termos de produtividade numa cultura (Taiz & Zeiger, 1998).

2.4.7.8 Resistência à Condução da Água:

Segundo Taiz & Zeiger (1998), à medida que o solo seca a resistência ao fluxo da água vai aumentando. No entanto, a resistência ao fluxo da água dentro da planta ainda é maior. Isto pode ser explicado por várias razões:

- À medida que perdem água as células encolhem. Quando as raízes encolhem a sua superfície deixa de estar em contacto com as partículas de solo que seguram a água. Por outro lado, os pêlos radiculares partem-se muitas vezes quando são puxados pela retração da raiz.
- Formação da exoderme
- A cavitação do xilema

2.4.7.9 Alterações na Cutícula:

Uma resposta comum ao stresse hídrico é a produção duma cutícula espessa que reduz a perda de água pela epiderme (transpiração cuticular). Uma cutícula muito espessa também reduz a permeabilidade ao CO₂, no entanto, a fotossíntese foliar permanece inalterada uma vez que as células que estão sob a cutícula não são fotossintéticas. Como a transpiração cuticular é muito baixa, alterações na cutícula só podem ser significantes nos casos de stresse muito severo, ou em casos em que areias levadas pelo vento a arrastam ou destroem (Costa, 2001).

2.4.8 MECANISMOS DE SOBREVIVÊNCIA À SECA:

A resistência à seca é um processo que envolve características complexas, que estão ligadas com a tentativa de adiar ao máximo um decréscimo no potencial hídrico do protoplasma, prevenindo assim, a dessecação. Quando mais o protoplasma puder desidratar sem sofrer danos irreversíveis, maior será a resistência à seca. Usando outra estratégia, algumas plantas nativas de regiões com períodos regulares de seca ou desertos, controlam seu crescimento e sua reprodução de modo a ocorrerem num breve período, no qual tenha água suficiente para completarem seu ciclo. (Paiva & Oliveira, 2006).

Segundo Costa (2001), chama-se xeromorfas ou xerófitas as plantas que vivem em regiões com pouca água. É uma planta adaptada ao clima seco. Estas adaptações são: caules carnudos para armazenar água, folhas menores e mais coureáceas (rígidas), às vezes cobertas por uma camada de cera para diminuir a evaporação, e folhas reduzidas a espinhos, além de raízes longas. No entanto, algumas plantas podem sofrer apenas adaptações fisiológicas, como alterações no processo de abertura dos estômatos. As espécies resistentes à seca são capazes de suportar períodos de seca. As perspectivas de uma planta sobreviver a um estresse de seca extremo são tanto maiores:

- **fuga à dessecação** quanto mais tempo forem capazes de evitar o decréscimo do potencial hídrico do protoplasma;
- **tolerância à dessecação** quanto mais o protoplasma aguentar a dessecação sem ficar danificado.

No entanto, não é necessário que uma planta seja resistente à seca para viver numa zona árida. Há espécies que escapam à seca pela regulação do seu crescimento e reprodução, de forma a que ocorram no breve período em que há água (fuga à seca – que não deve ser confundido com fuga à dessecação) (Costa, 2001).

2.4.8.1 Estratégia de fuga à Seca:

Segundo Larcher (1995), as espécies que seguem esta estratégia não são verdadeiramente resistentes, uma vez que a sobrevivência dos períodos secos requer apenas a escolha do momento da produção de sementes resistentes à seca ou órgãos perenes especialmente protegidos contra a dessecação:

- **As pluvioterófitas:** são plantas vasculares efémeras que germinam a seguir a uma chuvurada forte e completam rapidamente o seu ciclo de vida. A maioria destas espécies são anuais de inverno, passando o período de seca na forma de sementes.

- **As geófitas:** têm órgãos subterrâneos suculentos tais como rizomas, bulbos ou tubérculos. No período das chuvas conseguem desenvolver rapidamente uma parte aérea utilizando carboidratos armazenados e florindo e frutificando num curto período de tempo.

2.4.8.2 Mecanismos de Fuga à Dessecação:

A dessecação é retardada por todos os mecanismos que permitem que a planta mantenha um conteúdo hídrico favorável apesar do ar e do solo estarem secos à sua volta (Costa, 2001).

Segundo Larcher (1995), isto pode ser conseguido através do aperfeiçoamento da absorção da água; pelo aperfeiçoamento da capacidade de condução da água; pela redução da perda de água; e pelo armazenamento da água.

- **Aperfeiçoamento da absorção da água:** Esta estratégia implica a existência dum sistema radicular extenso com uma grande área de superfície de absorção que pode ser ainda melhorada por um rápido crescimento para camadas de solo mais profundas. As raízes das plantas das estepes e dos desertos podem atingir profundidades muito grandes. Grande parte destes sistemas radiculares pode ser suberizado ou pode armazenar água. Para estas espécies a situação pode tornar-se grave quando não existe espaço para o sistema radicular se expandir. As plantas com grandes sistemas radiculares (especialmente as árvores) que se desenvolvem em solos pouco profundos são particularmente sensíveis à seca. Este é também o caso das plantas que se tenta colocar nos telhados, túneis, etc. Mesmo nas zonas úmidas as plantas a utilizar nestas condições devem ser resistentes à seca, pois são as únicas que se agüentam com pouca água armazenada num volume limitado de solo.

- **Aperfeiçoamento da condução da água:** A capacidade de condução da água é aumentada pelo alargamento da área do sistema vascular, as plantas apresentam mais xilema e maior venação e a redução da distância de transporte, isto é, entre-nós de menor tamanho. Se a superfície de transpiração for reduzida simultaneamente, a área relativa do sistema de condução é aumentada, mesmo que a área absoluta (área da secção transversal do sistema de condução) permaneça inalterável.
- **Redução da transpiração:** A capacidade de reduzir a transpiração permite que as plantas tenham uma melhor gestão da água disponível no solo. Uma adaptação modulativa acontece quando as plantas fecham antecipadamente, mas reversivelmente os estomas. Uma adaptação modificativa ocorre quando folhas que se desenvolvem em períodos de seca apresentam estomas mais pequenos mas mais numerosos. As folhas das plantas geneticamente adaptadas têm as paredes da epiderme mais fortemente cutinizadas e com maiores camadas de ceras. Os estomas estão presentes apenas na face inferior, são mais pequenos e estão frequentemente escondidos por baixo de pêlos ou em criptas estomáticas. Deste modo o ar à volta dos estomas fica mais umedecido e a resistência causada pela camada adjacente (“boundary layer”) aumenta. Outra forma de reduzir eficazmente as perdas de água é enrolando as folhas de forma a reduzir a superfície transpirante. As folhas de plantas que se desenvolvem em situações de carência hídrica são mais alongadas e apresentam uma área específica menor (Larcher, 1995).
- **Suculência:** Os mecanismos de armazenamento de água podem ser considerados como os mais perfeitos para evitar a dessecação, especialmente se associados com mecanismos de redução da superfície e uma elevada resistência da epiderme à transpiração. Uma medida da

capacidade de armazenar água pode ser dada pelo grau de suculência. A água armazenada após os últimos períodos chuvosos pode ser suficiente para atrasar o fecho total dos estomas por várias semanas. Duma maneira geral as plantas suculentas armazenam as suas reservas em tecidos próprios localizado no interior de folhas ou caules. Uma forma especial de conservar a água é ligando-a mucilagens em canais próprios e em espaços intercelulares. Esta forma de armazenar água pode proteger a planta de uma desidratação muito súbita e de um encolher muito severo das folhas. O movimento da água armazenada nos vários tecidos e órgãos (troncos e ramos mais largos das árvores, e órgãos de armazenamento subterrâneo de plantas herbáceas) torna-se mais importante durante períodos prolongados de seca. No “Baobá” (*Adansonia digitata* – árvore símbolo do Senegal) há dados obtidos no Kenia que mostram que o tronco pode fornecer cerca de 400 litros de água às folhas num único dia. Mesmo em zonas temperadas o movimento de água dos troncos pode ser muito importante. Assim, verificou-se que 30 a 50% da água transpirada durante a transpiração do meio dia dum pinheiro com 40 anos é proveniente do tronco e ramos. Durante os períodos de seca a primeira água armazenada a ser usada é a da base dos troncos, e depois gradualmente vai sendo usada a que está a níveis mais acima até chegar aos ramos (Costa, 2001).

2.4.8.3 Mecanismos De Tolerância à Dessecação:

A tolerância à dessecação é uma capacidade específica do protoplasma de tolerar uma perda de água severa. Entre as talófitas (espécies não vasculares) as algas das zonas intertidais são muito tolerantes à dessecação. A maior parte dos líquenes são capazes de tolerar dessecação completa durante meses e às

vezes anos, recomeçando a sua atividade metabólica assim que se reidratam (Larcher, 1995).

Existem igualmente cormófitas (plantas vasculares) que são completamente tolerantes à dessecação. É o caso das chamadas plantas de ressurreição (“resurrectón plants”) que existem nas famílias das Myrothamnaceae, Scrophulariaceae, Lamiaceae, Cyperaceae, Poaceae, Liliaceae e Velloziaceae das regiões secas da Ásia Central, América do Sul e sobretudo da África do Sul. De uma maneira geral estas plantas são perenes, as suas folhas são pequenas e enrolam-se frequentemente, o seu crescimento é pequeno e a sua capacidade reprodutiva é pequena. São plantas que não têm capacidade de retardar a dessecação e como tal ficam desidratadas muito depressa (Larcher, 1995).

Todas as plantas capazes de tolerar a dessecação sobrevivem a uma desidratação extrema do protoplasma por uma transição para um estado anabiótico no qual o metabolismo está praticamente parado. À medida que ocorre a desidratação, o estado anabiótico é levado a cabo pela síntese de proteínas capazes de permanecerem estáveis numa situação desidratação e pela incorporação de carboidratos estabilizadores dos fosfolípidos das membranas. Em algumas espécies a diminuição do volume das células é retardada pela gelificação da solução celular (Costa, 2001).

Outro fator que contribui para a tolerância à dessecação é a capacidade que o protoplasma destas espécies tem de se reidratar de uma forma coordenada quando volta a dispôr de água. Passo a passo, as condições necessárias à reativação do metabolismo energético (primeiro a respiração e depois a fotossíntese) são restabelecidas de novo pela reconstrução dos componentes celulares (Costa, 2001).

As plantas tentam adiar a dessecação pelo maior tempo possível em uma situação de escassez de água, utilizando mecanismos que capacitam a manter uma quantidade de água suficiente para as reações vitais dentro dos tecidos.

Assim, na tentativa de evitar a dessecação, algumas plantas têm a absorção de água otimizada, outras reduzem a perda de água aumentando a resistência à difusão, reduzindo a taxa de transpiração, o que garante maior armazenamento de água nos tecidos. Todos estes aspectos podem alterar também a morfologia das plantas em prol da tentativa de se evitar a dessecação (Paiva & Oliveira, 2006).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final desta revisão e no âmbito de sua intenção inicial, esboçam-se duas perspectivas básicas a considerar e a aprofundar: de um lado, o exercício reforça a importância do tema da água para as plantas, de outro emerge o contexto transdisciplinar e de responsabilidade social que o assunto permeia, em toda a prática do paisagismo.

O tema da água é de absoluta importância para a vida e o manejo das plantas dizendo respeito ao paisagista em praticamente todas as atividades deste profissional. Tecnicamente, o assunto envolve múltiplas facetas e deve ser tratado de maneira transdisciplinar e com muita profundidade, proporcionando ao paisagista, contatos valiosos e complementares com ambientalistas, políticos, sanitaristas, etc. Sugere-se então, que os paisagistas sejam incorporados em projetos ambientais que envolvam a questão da água.

Neste contexto, pressupõe-se o paisagista como um profissional que necessita amadurecer e assumir adicionais e importantes papéis na sociedade contemporânea, no tocante à lida com a água, para integrar-se efetiva e consistentemente na construção de um mundo mais equilibrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, L. W.; CITADINI-ZANETTE, V.; MARTAU, L. ; BACKES, A. **Composição florística de epífitos vasculares numa área localizada nos municípios de Montenegro e Triunfo.** v. 28, Rio Grande do Sul. Iheringia, Série Botânica, 1981. p.89-100.
- ALQUINI, Y., BONA, C., BOEGER, M.R.T., COSTA, C.G. & BARROS, C.F. **Epiderme.** *In Anatomia Vegetal* Viçosa. Ed. UFV, 2003. p. 87-107.
- BASTOS, A.R.R. & CARVALHO, J.G. de. **Textos Acadêmicos – Manejo do Solo e Adubação para Plantas Ornamentais.** Lavras. Ed. UFLA., 2002. 147 p.
- BENZING, D.H. **Vascular epiphytes.** In: LOWMAN, M.D., NADKARNI, N.M. **Forest canopies.** San Diego: Editora Academic Press. 1995. p. 225-254.
- CASTRO, E. M de. **Textos Acadêmicos – Histologia e Anatomia Vegetal de Plantas Ornamentais.** . Lavras. Ed. UFLA, 2006. 120 p.
- CHOW, V. T. **Open Channel Hydraulics.** New York. Ed. McGraw-Hill, 1959, 680 p.
- COMBES, R.. **La forme des végétaux et le milieu.** Paris. Ed. A. Colin, 1946. 222 p.
- CORTEZ, H. **Aquecimento Global e Água – Série Conciência e Meio Ambiente.** 2004. Disponível em: <<http://www.camaradecultura.org/livro-f.pdf>> Acesso em: 18/08/2008.
- COSTA, A. R. **Texto acadêmico: As Relações Hídricas Das Plantas Vasculares.** Portugal. Editora da Universidade de Évora, 2001. 75 p.
- COSTA, R. D. A. **Texto acadêmico: Interações entre Solo – Planta – Atmosfera.** Portugal. Editora da Universidade de Coimbra, 2008.
- DISLICH, R. **Florística e estrutura do componente epifítico cascular na mata da reserva da cidade universitária.** São Paulo. Dissertação (Mestrado). Ed. USP, 1996.
- DARWIN C. **The Illustrated Origin of Species.** New York. Ed. Hill and Wang, 1979. 240 p.

- ENCYCLOPEDIA BRITANNICA, INC.** Volume 23. Chicago, 1951. p. 406.
- ESAU, K.. **Anatomia das Plantas com sementes.** São Paulo. Ed. Edgar Blucher, 1974. 293 p.
- GILLON E. et al. **Grande Enciclopédia Delta Larrouse.** Rio de Janeiro. Ed. Delta, 1986.
- GUYTON A.C. **Fisiologia Humana.** 6ª edição. Rio de Janeiro. Ed. Guanabara, 1988. 564 p.
- HEYWOOD, V.H. **Taxonomia Vegetal.** São Paulo. Ed. Nacional/EDUSP. 1970. 107 p.
- FERREIRA, A.B. de H. **Novo Dicionário da Língua Portuguesa.** Rio de Janeiro. Ed. Nova Fronteira., 2001. 1838 p.
- KAISER, B. **Dez mil anos de descobertas.** São Paulo. Ed. Melhoramentos. 1952. 287 p.
- KRAMER, P.J. & BOYER, **Water relations of plants and soils.** New York. Ed. MacGraw-Hill, 1995. 482 p.
- LARCHER, W. **Physiological Plant Ecology.** Berlin. Ed. Springer, 1995. 506p.
- LEITE, R. **Transporte em plantas.** Portugal 1998. Disponível em: <http://campus.fortunecity.com/yale/757/transpor.htm> . Acesso em: 18/08/2008.
- MACEDO, R.L.G. **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais.** Lavras, UFLA/FAEPE, 2000. 157 p.
- MAZLIAK, P. **Physiologie Végétale: Nutrition et Métabolisme.** Paris. Ed. Hermann, 1974. 349 p.
- NADKARNIN, N. M . **The nutritional effects of epiphytes on host trees with specisl references to alteration of precipitation.** Chemistry. Ed. Selbyana, 1986
- OLIVEIRA, F. & AKISUE, G.. **Fundamentos de Farmacobotânica.** Rio de Janeiro. Ed. Atheneu. 1989. 216 p.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Declaração Universal dos Direitos da Água**. New York, UNO, 1992.

PAIVA, R. **Textos Acadêmicos – Fisiologia de Plantas Ornamentais**. Lavras. Ed. UFLA, 2000. 88 p.

PAIVA, R & OLIVEIRA, L.M. **Fisiologia e Produção Vegetal**. Lavras. Ed. UFLA, 2006. 104 p.

RAVEN, P.H., EVERT, R.F. & EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**, Rio de Janeiro. Ed. Guanabara Koogan, 1996. 906 p.

RAWITSCHER, F. Elementos **básicos de Botânica: Introdução ao estudo da Botânica**. 7 ed. São Paulo. Companhia Editora Nacional, 1976. 382 p.

REBOUÇAS, A. da C. **Água na Região Nordeste: desperdício e escassez**. **Revista do Instituto de Estudos Avançados**. São Paulo. Ed.USP. Vol. 11, No 29, 1997. p.127-154.

REY L. **Dicionário de Termos Técnicos de Medicina**. Rio de Janeiro. Ed. Guanabara Koogan, 1999. 276 p.

RIZZINI, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. Rio de Janeiro. Ed. Âmbito Cultural, 1997. 747 p.

SALISBURY, F.B. & C.W. ROSS. **Plant Physiology**. 4ª edição, California. Ed. Wadsworth publishing, 1992. 682 p.

SCHLICHTING, C.D. **The evolution of phenotypic plasticity in plants**. Texas, Annual Review of Ecological and Systematics 17:667-693. 1986.

SCREMIN-DIAS, E. **O retorno à origem aquática**. *In* **Nos jardins submersos da Bodoquena**, Campo Grande. Ed. UFMS, 1999. p.25-41.

SEBANEK, J. **Plant Physiology**. Amsterdam. Ed. Elsevier Science & Technology, 1992. 454 p.

SILVA, L.B & FREITAS, H.M.B. **Texto Academico - Os Vegetais e a Água**. UFBA / Projeto Qualibio, Salvador, 1998. Disponível em: <<http://www.qualibio.ufba.br/012.html>>. Acesso em: 04/08/2008.

SILVEIRA, A. L. L. **Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica**, In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2ª ed., Porto Alegre. Editora da Universidade – ABRH, 1993, 943 p.

TAIZ, L. & E. ZEIGER. **Plant Physiology** 2ª edição. Massachussets. Ed. Sinauer Associates, Inc., 1998. 792 p.

VILLELA, S. M.; MATTOS. A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo, Ed.McGraw-Hill, 1975. 245 p.

WAECHTER, J. L. **O epifitismo vascular na Planície Costeira do Rio Grande do Sul**. São Carlos. Ed. da Universidade de São Carlos, 1992. 163 p.

ANEXO

Declaração Universal dos Direitos da Água – ONU, 1992.

Desde 1992, a ONU vem divulgando o documento redigido em 22 de março de 1992. O texto diz o seguinte:

1. A água faz parte do patrimônio do planeta. Cada continente, cada povo, cada nação, cada região, cada cidade, cada cidadão, é plenamente responsável aos olhos de todos.

2. A água é a seiva de nosso planeta. Ela é condição essencial de vida de todo vegetal, animal ou ser humano. Sem ela não poderíamos conceber como são atmosfera, clima, vegetação, cultura ou agricultura.

3. Os recursos naturais de transformação da água em água potável são lentos, frágeis e muito limitados. Assim sendo, a água deve ser manipulada com racionalidade, precaução e parcimônia.

4. O equilíbrio e o futuro de nosso planeta dependem da preservação da água e de seus ciclos. Estes devem permanecer intactos e funcionando normalmente para garantir a continuidade da vida sobre a Terra. Este equilíbrio depende em particular, da preservação dos mares e oceanos, por onde os ciclos começam.

5. A água não é somente herança de nossos predecessores; ela é, sobretudo, um empréstimo aos nossos sucessores. Sua proteção constitui uma necessidade vital, assim como a obrigação moral do homem para com as gerações presentes e futuras.

6. A água não é uma doação gratuita da natureza; ela tem um valor econômico: precisa-se saber que ela é, algumas vezes, rara e dispendiosa e que pode muito bem escassear em qualquer região do mundo.

7. A água não deve ser desperdiçada, nem poluída, nem envenenada. De maneira geral, sua utilização deve ser feita com Consciência e discernimento para que não se chegue a uma situação de esgotamento ou de deterioração da qualidade das reservas atualmente disponíveis.

8. A utilização da água implica em respeito à lei. Sua proteção constitui uma obrigação jurídica para todo homem ou grupo social que a utiliza. Esta questão não deve ser ignorada nem pelo homem nem pelo Estado.

9. A gestão da água impõe um equilíbrio entre os imperativos de sua proteção e as necessidades de ordem econômica, sanitária e social.

10. O planejamento da gestão da água deve levar em conta a solidariedade e o consenso em razão de sua distribuição desigual sobre a Terra.