

# **SOLUNUT 1.0 – SISTEMA PARA CÁLCULO E MANEJO DE SOLUÇÃO NUTRITIVA EM EXPERIMENTOS DE CASA DE VEGETAÇÃO<sup>1</sup>**

Celsemy Eleutério Maia<sup>2</sup>  
Elis Regina Costa de Moraes<sup>2</sup>

## **1. INTRODUÇÃO**

O solo é complexo e heterogêneo, variando em suas propriedades físicas, químicas e físico-químicas em pequenas distâncias verticais ou horizontais (9). RAIJ (6) afirma que essas variações ocorrem a distância de centímetros. Segundo FONTES e FONTES (4), os solos apresentam anisotropia, ou seja, suas propriedades físicas, químicas e mineralógicas, bem como suas características morfológicas, não são idênticas em todas as direções. O resultado é o aparecimento dos vários horizontes componentes dos perfis dos solos – anisotropia vertical – e a existência de solos diferentes entre si – anisotropia horizontal. Observa-se ainda diferença mais marcada na rizosfera, provocada pela absorção de água e nutriente, consumo de oxigênio, liberação de gás carbônico e população microbiana (7). Para TAN (9) as raízes das plantas penetram vários horizontes no solo, e cada um deles apresenta características físico-químicas diferentes. Assim, no solo, partes diversas do sistema radicular da planta podem estar localizadas em ambientes distintos quanto a pH, temperatura, potencial redox e pressão osmótica, fatores, dentre outros, que influem na resposta da planta e que, nesse meio, são de difícil controle (5). Em solução

---

<sup>1</sup>Aceito para publicação em 09.04.1998.

<sup>2</sup>Alunos de pós-graduação da Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos. 36571-000 Viçosa, MG. E-mail: celsemy@solos.ufv.br.

nutritiva, contudo, o pesquisador pode controlar quase todos os fatores que se pretende manter constantes em um experimento, variando apenas aqueles em estudo, facilitando dessa maneira a interpretação dos resultados.

Os cultivos em soluções não-renovadas ou de renovação intermitente são os métodos mais simples e os mais largamente empregados em pesquisas com plantas. Há uma grande variação entre os pesquisadores quanto à composição inicial da solução nutritiva empregada, quanto ao volume de solução fornecida à planta e à frequência de renovação da solução. É comum, entretanto, o uso de pequeno volume por vaso (5 a 10 litros) de uma solução concentrada (com mais de 20 mmol/L de nutrientes). Uma vez que a concentração inicial frequentemente excede em muito a necessária para um crescimento ótimo, melhores resultados podem ser obtidos quando se reduz tal concentração, com o aumento proporcional do volume e da frequência de renovação da solução (3).

Para BLISKA Jr. e HONÓRIO (2), a grande maioria dessas formulações provém de países do Hemisfério Norte e pode ser adaptada ao cultivo nas condições brasileiras, desde que previamente testadas e modificadas quando necessário. Segundo RUIZ (7), observa-se nessas formulações um desbalanceamento na relação dos diversos macronutrientes, o que leva, na prática, ao esgotamento prematuro de um deles, enquanto os outros apresentam-se ainda em concentrações elevadas na solução nutritiva. Com fundamento nisso, RUIZ (7) propôs formulações de soluções nutritivas para cultivo em sistema estacionário específico para cultivares brasileiros de várias espécies vegetais, baseado nas relações molares de macronutrientes nas plantas.

Independentemente da área, a utilização da informática hoje é uma realidade, principalmente no setor da pesquisa, em que se investe cada vez mais na informatização de dados. Com relação ao desenvolvimento de um *software* para uso em solução nutritiva com renovação intermitente, não foi encontrado na literatura nenhum programa similar, existindo, sim, programas para uso comercial em fluxo contínuo (NFT), além de programas e planilhas eletrônicas para uso na fertirrigação.

O objetivo deste trabalho foi apresentar um *software* que agilizasse os cálculos de soluções nutritivas (macronutrientes e micronutrientes), tempo de renovação e curva de resposta em cultivos hidropônicos utilizados em pesquisas, sob condições de casa de vegetação.

## 2. SISTEMA NECESSÁRIO

O SOLUNUT 1.0 – Programa para Cálculo em Solução Nutritiva, foi desenvolvido em CLIPPER 5.2, podendo ser rodado em microcomputadores IBM-PC/XT/AT e PENTIUM ou outros 100%

compatíveis. A memória RAM mínima exigida é de 256 Kbytes, podendo ser utilizados monitores tipo VGA, SVGA, rodando em MS-DOS 3.0 ou posteriores (8). O SOLUNUT 1.0 trabalha com banco de dados com extensão DBF (xBASE).

### 3. DISTRIBUIÇÃO DAS SUB-ROTINAS

O SOLUNUT 1.0 é dividido em cinco sub-rotinas: SOLUÇÃO, PREPARO, REAGENTE, UNIDADE e QUÍMICA. Em SOLUÇÃO, o usuário tem as seguintes opções: cadastrar, listar, alterar, deletar. Em PREPARO - composição da planta, listar composição, pressão osmótica, solução nutritiva, troca da solução, macronutriente, micronutriente, ferro-EDTA, curva para macronutriente, curva para micronutriente, listar macronutriente, listar micronutriente e listar Ferro-EDTA. Em REAGENTE - cadastrar macronutriente, cadastrar micronutriente, listar macronutriente, listar micronutriente, deletar macronutriente, deletar micronutriente. Em UNIDADE tem-se comprimento, área, volume, massa, produção e dose, superfície específica, pressão, temperatura, energia e trabalho, transpiração e fotossíntese, ângulo, condutividade elétrica, medição de água, concentração, radioatividade e concentração de nutriente. Em QUÍMICA - diluição, solução 1 (peso) e solução 2 (volume).

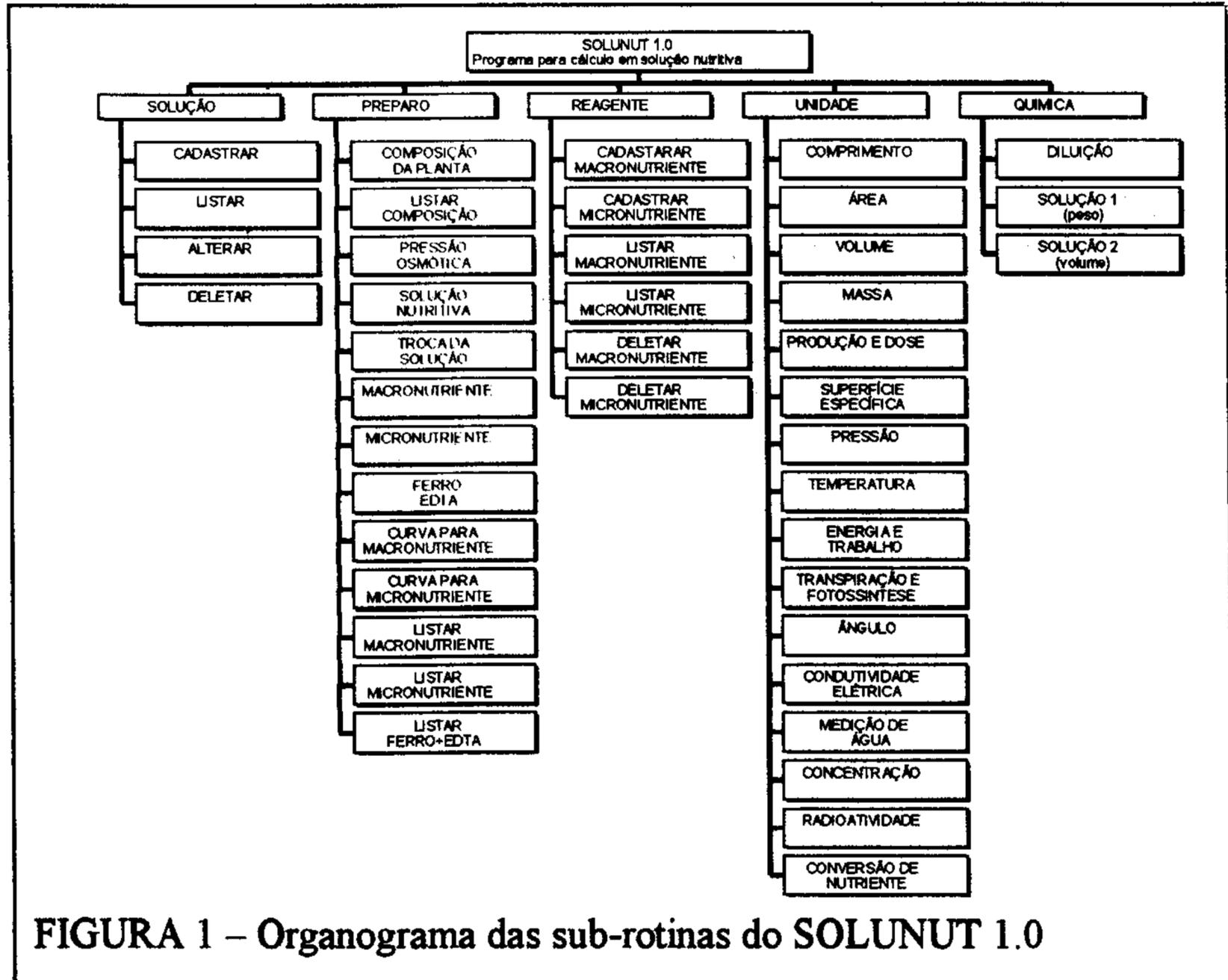


FIGURA 1 – Organograma das sub-rotinas do SOLUNUT 1.0

#### 4. CADASTRO DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS

O SOLUNUT 1.0 possui cadastradas, em um banco de dados, cerca de 50 soluções nutritivas citadas na literatura, para um vasto número de culturas. Além disso, o programa permite que o usuário cadastre outras soluções nutritivas. O SOLUNUT 1.0 ainda permite, com base na composição mineral da planta fornecida pelo usuário, que sejam calculados os teores de macronutrientes e micronutrientes para formulação de uma solução nutritiva, levando em consideração a pressão osmótica e o balanço entre cátions e ânions.

#### 5. RENOVAÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

Quando se trabalha com renovação intermitente da solução nutritiva, o SOLUNUT 1.0 permite calcular o tempo de renovação baseado na curva de crescimento da espécie estudada, pelo método do tempo máximo proposto por ASHER e EDWARDS (1) e pelo teor de potássio na solução nutritiva. Pelo método do tempo máximo de renovação, o programa calcula o tempo pela seguinte fórmula:

$$T = \frac{D}{100} \times \frac{V}{R} \times \frac{C}{U} \quad (1)$$

em que

D = depleção máxima desejada (%);

R = peso das raízes frescas por planta ou vaso (g);

U = taxa de absorção ( $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  na matéria seca);

V = volume da solução por vaso ou planta (L); e

C = concentração inicial do nutriente ( $\mu\text{mol/L}$ ).

Para o cálculo da renovação da solução pelo método da curva de crescimento, citada por MARTINEZ (5), o usuário deve fornecer os seguintes dados: a) volume da solução (L), b) número de plantas por vaso, c) concentração adequada do nutriente na planta (mg/kg), d) taxa de crescimento relativo – TCR ( $\text{mg} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ ) e e) a concentração inicial do nutriente na solução nutritiva ( $\mu\text{mol/L}$ ). O tempo para troca é assim calculado:

$$T = \frac{\ln P}{\text{TCR}} \quad (2)$$

em que

T = tempo para troca da solução nutritiva (dia);

P = matéria seca que pode ser produzida com o volume da solução utilizado para o nutriente mais limitante (mg); e

TCR = taxa de crescimento relativo ( $\text{mg} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ ).

Pelo método da renovação da solução com base no teor de potássio, também citado por MARTINEZ (5), o usuário escolhe a solução a ser usada por meio de um menu e, em seguida, informa ao programa a porcentagem de potássio com base na concentração inicial desejada e o programa indicará qual a concentração de potássio mínima na solução nutritiva para se fazer a renovação, pela seguinte fórmula:

$$K_{\text{troca}} = \frac{K_{\text{solução}} \times K_{\%}}{100} \quad (3)$$

em que

$K_{\text{troca}}$  = Concentração de potássio na solução nutritiva para se fazer a troca ( $\text{mmol}/\text{dm}^3$ );

$K_{\text{solução}}$  = Concentração de potássio original da solução nutritiva ( $\text{mmol}/\text{dm}^3$ ); e

$K_{\%}$  = Porcentagem de potássio na solução nutritiva para efetuar a troca (%).

## 6. REAGENTES

O programa possui um banco de dados contendo 19 reagentes utilizados para soluções de macronutrientes e 11 para micronutrientes (Quadro 1). Os reagentes cadastrados são os mais comuns no uso de estudo de nutrição de plantas em meio hidropônico. O programa também permite que o usuário cadastre outros reagentes de seu interesse. Para cadastrar o novo reagente, o usuário deve fornecer os seguintes dados: a) para macronutrientes: nome do reagente, fórmula, cátion da fórmula, ânion da fórmula, número de mol do cátion em 1,0 mol do reagente e número de mol do ânion em 1,0 mol do reagente; b) para micronutrientes: nome do reagente, fórmula, cátion da fórmula, ânion da fórmula, número de mol do cátion em 1,0 mol do reagente, número de mol do ânion em 1,0 mol do reagente, peso molecular e quantidade do elemento na fórmula.

**QUADRO 1 - Sais para fornecimento de macronutrientes e micronutrientes utilizados pelo SOLONUT 1.0 nos cálculos de preparo da solução nutritiva**

<b>MACRONUTRIENTE</b>	<b>MICRONUTRIENTE</b>
Cloreto de amônio	Ácido bórico
Cloreto de cálcio	Cloreto de cobre
Cloreto de magnésio	Cloreto de ferro
Cloreto de potássio	Cloreto de manganês
Fosfato monoamônio	Cloreto de zinco
Fosfato monocálcico	Na-EDTA
Fosfato monopotássico	Molibdato de amônio
Fosfato monossódico	Molibdato de sódio
Nitrato de amônio	Sulfato de cobre
Nitrato de cálcio	Sulfato de manganês
Nitrato de magnésio	Sulfato de zinco
Nitrato de potássio	
Nitrato de sódio	
Sulfato de amônio	
Sulfato de cálcio	
Sulfato de magnésio	
Sulfato de potássio	
Sulfato de sódio	
Uréia	

## **7. CÁLCULOS QUÍMICOS**

O SOLONUT 1.0 inclui algumas rotinas para realização de cálculos, auxiliando o pesquisador no preparo das soluções-estoque. O programa permite fazer diluições e cálculos de concentrações no preparo de soluções com base no tipo do reagente (medido em massa ou volume). Para isso, o programa trabalha com precisão de quatro casas decimais na massa molar de todos os elementos da tabela periódica.

## **8. TRANSFORMAÇÃO DE UNIDADES**

Apesar da exigência do uso de unidades no Sistema Internacional (SI) de medidas pelas revistas, a literatura mais antiga ainda traz as unidades em outros sistemas de medidas. O SOLONUT 1.0 permite a transformação, num total de 90 conversões, de unidades para o Sistema Internacional das seguintes medidas: comprimento, área, volume, massa, pressão, produção ou doses, superfície específica, temperatura, energia e trabalho, transpiração e fotossíntese, ângulo, condutividade

elétrica, concentração, radioatividade, além de conversão de unidades dos nutrientes.

## 9. PREPARO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

O SOLUNUT 1.0 permite, a partir da escolha da solução nutritiva do banco de dados, calcular a quantidade de cada solução-estoque a ser adicionada, para fornecimento de todos os nutrientes às plantas. Para macronutrientes, o usuário seleciona a solução nutritiva que deseja trabalhar e o programa busca os teores de cada nutriente no banco de dados e ordena de forma crescente na tela do computador. Em seguida, o usuário escolhe o nutriente de menor concentração, seleciona o sal que vai ser utilizado e o programa faz os cálculos da quantidade da solução-estoque a ser adicionada na solução nutritiva para fornecimento do nutriente; tal procedimento segue até atingir o nutriente de maior concentração. Caso haja necessidade de inclusão de mais algum sal para fechar o balanceamento de algum nutriente, o usuário pode utilizar sais que contenham íons cloreto ou sódico, sendo permitido o uso de no máximo 5 mmol/L<sup>(\*)</sup> por solução nutritiva. Para micronutrientes, após a seleção da solução nutritiva do banco de dados, o programa ordena os micronutrientes em ordem crescente de concentração, o usuário escolhe o sal a ser utilizado e o programa calcula a quantidade do sal a ser adicionada à solução-estoque, para que cada mL dessa solução forneça a quantidade do micronutriente para cada litro de solução nutritiva. Após o cálculo, o SOLUNUT 1.0 grava os resultados em um banco de dados, para posterior listagem na tela ou via impressora.

## 10. CURVA DE RESPOSTA

O SOLUNUT 1.0 permite que o usuário calcule a quantidade de nutriente fornecida pelas soluções-estoque, quando o pesquisador deseja omitir algum nutriente ou fazer uma curva de resposta. O procedimento é semelhante ao preparo da solução nutritiva (item 9), em que o usuário escolhe no banco de dados a solução a ser usada e o programa permite alterar o teor de um ou mais nutrientes na mesma solução nutritiva, de acordo com os pontos da curva ou com a emissão do nutriente em estudo.

## 11. IMPRIMIR

Após o programa calcular a quantidade de cada solução-estoque a ser utilizada para a solução nutritiva escolhida, o usuário tem a opção da

---

<sup>(\*)</sup>Informação pessoal da professora Herminia E. P. Martinez, do Departamento de Fitotecnia da UFV.

saída dos dados via impressora. Para isso, ele deve calcular os valores para macronutrientes, micronutrientes, Fe-EDTA e o método que utilizará para a renovação da solução nutritiva nos vasos (Quadro 2).

<b>QUADRO 2 - Exemplo de um resultado impresso pelo SOLUNUT 1.0 após os cálculos da solução nutritiva para macronutrientes, micronutrientes, Fe-EDTA e período de troca da solução nutritiva.</b>		
<b>SOLUNUT 1.0 – SISTEMA PARA CÁLCULO E MANEJO DE SOLUÇÃO NUTRITIVA EM EXPERIMENTOS DE CASA DE VEGETAÇÃO</b>		
<b>SOLUÇÃO NUTRITIVA : Hoagland &amp; Snyder</b>		
<b>Macronutriente</b>		
<b>Sal utilizado</b>	<b>Fórmula</b>	<b>mL/L<sup>(1)</sup></b>
Fosfato monopotássico	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	1,00
Sulfato de magnésio	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2,00
Nitrato de potássio	$\text{KNO}_3$	5,00
Nitrato de cálcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	5,00
<b>OBS.:</b> As soluções-estoques para macronutrientes devem ter a concentração de 1,0 mol/L		
<sup>(1)</sup> mililitro da solução-estoque (1,0 mol/L) para cada litro de solução nutritiva.		
<b>Micronutriente</b>		
<b>Sal utilizado</b>	<b>Fórmula</b>	<b>g/L<sup>(2)</sup></b>
Ácido bórico	$\text{H}_3\text{BO}_3$	2,844
Cloreto de cobre	$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,034
Cloreto de manganês	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,356
Molibdato de sódio	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,024
Cloreto de zinco	$\text{ZnCl}_2$	0,245
<sup>(2)</sup> gramas de cada sal para 1,0 L de solução-estoque. Utilizar 1,0 ml da solução-estoque para cada litro de solução nutritiva.		
<b>Ferro-EDTA</b>		
<b>Sal</b>	<b>Fórmula</b>	<b>g/L</b>
Cloreto de ferro	$\text{FeCl}_3$	4,838
EDTA sódico	Na-EDTA	6,663
<b>Troca da solução nutritiva</b>		
<b>Método</b>	<b>Concentração para troca</b>	<b>Tempo (dia)</b>
Tempo máximo	-	10

## 12. RESUMO

Foi desenvolvido um *software* com o objetivo de agilizar a realização de cálculos e manejo da solução nutritiva em cultivos hidropônicos utilizados em pesquisas sob condições de casa de vegetação. O SOLUNUT 1.0 foi desenvolvido em CLIPPER 5.2, podendo ser rodado em microcomputadores IBM-PC/XT/AT/PENTIUM ou outros 100% compatíveis. O SOLUNUT 1.0 é dividido em SOLUÇÃO, PREPARO, REAGENTE, UNIDADE e QUÍMICA. Em SOLUÇÃO, o programa cadastra, lista, altera e deleta soluções nutritivas em um banco de dados que contém mais de 50 soluções cadastradas para uma grande variedade de culturas. Em PREPARO, o programa dá opção de formular solução nutritiva a partir da composição da planta, do cálculo da pressão osmótica, cálculo do tempo de troca da solução nutritiva, cálculo para o preparo de soluções (macronutrientes, micronutrientes e ferro-EDTA), além de permitir balancear os pontos da curva de resposta de um determinado nutriente. Em REAGENTE, permite cadastrar, listar e alterar reagentes em banco de dados. Em UNIDADE, o programa realiza transformações de unidades para o sistema SI, e, em QUÍMICA, faz cálculos químicos para preparo e diluições de soluções.

## 13. SUMMARY

### (SOLUNUT 1.0 – A SYSTEM FOR CALCULATION AND MANAGEMENT OF NUTRIENT SOLUTION IN GREENHOUSE EXPERIMENTS)

A basic software was developed with the aim of improving the determination of nutritive solution used in hydroponic cultivation under greenhouse experiments. SOLONUT 1.0 was developed by using CLIPPER 5.2. An IBM-PC/XT/AT/PENTIUM or others 100% compatible are needed to run it. SOLONUT 1.0 comprises SOLUTION, PREPARATION, REAGENT, UNITY and CHEMISTRY. In SOLUTION, the program registers, lists, changes and deletes nutrient solutions in a database. In PREPARATION, the program gives the user the option to prescribe a nutrient solution from the plant composition, from calculations of osmotic potential, from calculation of the exchange time of the nutrient solution, as well as from the calculation for preparing the solutions (macronutrients, micronutrients and iron-EDTA). It also allows

to response curves to be made of a given nutrient. The REAGENT part allows to make a register, list and change the reagents in the database. The program makes some unity alterations for the system SI in UNITY and makes some chemical calculations for the preparation and dilution of the solutions in CHEMISTRY.

#### 14. LITERATURA CITADA

1. ASHER, C.I. & EDWARDS, D. G. Modern solution culture techniques. In: LAUCHLI, A. & BIELESKI, R. L. (eds.). *Enciclopedia of plant physiology*. Berlin, Springer – Verlag, 1983; Vol. 15 A, p.94-119.
2. BLISKA Jr., A. & HONÓRIO, S. L. *Hidroponia*. Campinas, Unicamp, 1995. 51p. (Cartilha tecnológica).
3. CARMELLO, Q. A. de C. Hidroponia. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20º, Piracicaba, 1992. Anais, Campinas, Fundação Cargill, 1992, p.355-368.
4. FONTES, L. E. F. & FONTES, M. P. F. *Glossário de ciência do solo*. Viçosa, Editora UFV, 1992. 142p.
5. MARTINEZ, H. E. P. *O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa*. Viçosa, Editora UFV, 1997. 37p. (Cadernos didáticos).
6. RAIJ, B. van. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba, Ceres Potafos, 1991. 343p.
7. RUIZ, H. A. Relações molares de macronutrientes em tecidos vegetais com base para a formulação de soluções nutritivas. *Rev. Ceres*, 44:533-546, 1997.
8. STRALEY, S. J. *Clipper 5.2 – Programação avançada*. 4ª ed. Rio de Janeiro, Berkeley, 1994. 1118p.
9. TAN, K. H. *Soil sampling, preparation, and analysis*. New York, Marcel Dekker, 1996. 408p.