

## **PLANEJAMENTO RURAL PARA O SEMI-ÁRIDO: INTRODUÇÃO DE BARRAGEM SUBTERRÂNEA COM BASE EM METODOLOGIA DE DETERIORAÇÃO AMBIENTAL**

**D. D. C. Silva e A. Mattos**

### **RESUMO**

No mundo contemporâneo a deterioração das áreas semi-áridas do planeta tem sido foco de atenção da comunidade científica. O Brasil possuidor de um semi-árido considerado o mais problemático do mundo vem ao longo dos anos sofrendo conseqüências deste processo. Em meio a esta realidade, estudos têm alertado a comunidade científica sobre a necessidade de introdução de infra-estrutura hídrica com base em tecnologias alternativas de captação de água pluvial, dentre as quais a barragem subterrânea é uma das mais difundidas no semi-árido brasileiro. A presente pesquisa apresenta uma alternativa para planejamento rural em regiões semi-áridas a partir da construção de barragem subterrânea dirigida por informação do mapa da capacidade de uso do solo, oriundo de metodologia de deterioração ambiental. Os resultados foram satisfatórios (proporcionando à construção de uma barragem subterrânea no semi-árido do Brasil) e podem servir como indicativo para reaplicações da metodologia, em contextos semelhantes, ao redor do mundo.

### **1 INTRODUÇÃO**

No mundo contemporâneo a deterioração das áreas semi-áridas do planeta tem sido foco de atenção, tanto da mídia, quanto da comunidade científica. O Brasil possuidor de um semi-árido considerado o mais problemático do mundo, seja por pressões dos fatores físicos (como núcleos de desertificação), seja por pressões nos fatores sociais (como a região semi-árida mais populosa do mundo), vem ao longo dos anos sofrendo conseqüências de tal problemática (CIRILO, 2008). Em meio a esta realidade, estudos tem alertado a comunidade científica sobre a necessidade de introdução de infra-estrutura hídrica com base em tecnologias alternativas de captação de água pluvial (ONDER e YILMAZ, 2005)(CIRILO ET AL, 2007), dentre as quais a barragem subterrânea é uma das mais difundidas no semi-árido brasileiro (ROCHA e KURTZ, 2007). Em meio a realidade descrita, todavia, é instaurada uma problemática ligada aos locais mais adequados para introduzir a tecnologia, de forma ao aproveitamento agrícola gerado pela mesma não comprometer um ambiente semi-árido fragilizado.

Bertoni e Lombardi Neto (1999), entretanto, apresentam o mapa de capacidade de uso do solo como alternativa para conservação de um ambiente fragilizado.

A presente pesquisa vem apresentar a viabilidade da aplicação do mapa de capacidade de uso do solo (com base no diagnóstico físico conservacionista de metodologia desenvolvida por Rocha (1997)) como instrumento de planejamento da localização de barragem subterrânea (para fins agrícolas) em micro-bacia hidrográfica situada no semi-árido brasileiro.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Análise de deterioração ambiental**

Na análise de deterioração ambiental Canter (1998) apresenta metodologia própria, bastante difundida ao redor do mundo, com o fim de análise da deterioração proveniente de impactos ambientais. Rocha (1997) tendo como pressupostos alguns modelos difundidos ao redor do mundo, apresenta um modelo de metodologia de análise de deterioração do ambiente baseado no uso de diagnósticos. Giasson et al (2005) conceitua o diagnóstico como levantamento de todos os parâmetros necessários à compreensão da propriedade e de suas relações com o meio, com a utilização de informações obtidas de relatórios de levantamento de solos, mapas climáticos, anuários estatísticos, entrevistas com técnicos e com o produtor, pesquisa de campo, fotografias aéreas e investigação da propriedade. Rocha (1997) elabora um modelo de análise ambiental de bacia hidrográfica (e/ ou suas derivações) com base em três diagnósticos básicos: o ambiental, o sócio-econômico e o diagnóstico físico-conservacionista.

### **2.2 Diagnósticos da ambiência: físico-conservacionista**

Para análise do meio físico da micro-bacia hidrográfica Rocha e Kurtz (2007) apresentam o diagnóstico físico conservacionista. Este diagnóstico de acordo com Rocha (1997) tem como base o uso do coeficiente de rugosidade, no qual, a partir do mesmo, se elabora o mapa de capacidade de uso do solo. Rocha (1997) comenta que a base para a formação do coeficiente de rugosidade são os valores de densidade de drenagem e declividade média da região a ser analisada.

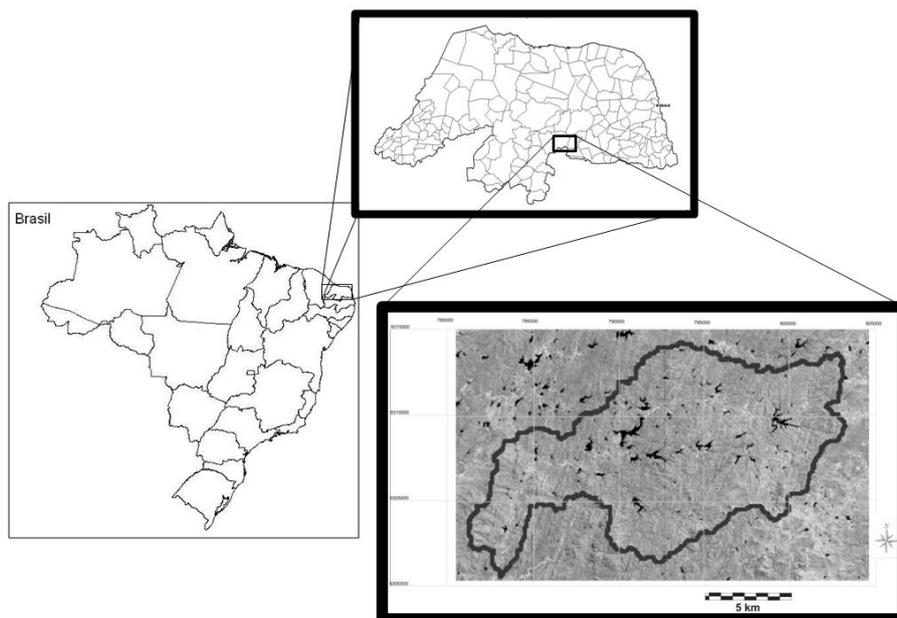
### **2.3 Planejamento do manejo com base no mapa de capacidade de uso do solo**

Segundo Giasson et al (2005) para proceder o planejamento é importante o uso de diagnósticos, pois a partir dos mesmos, se objetiva encontrar soluções para a exploração e a melhoria da qualidade de vida do produtor com a menor deterioração ambiental. Rocha (1997) elabora um modelo de desenvolvimento de mapa de capacidade de uso do solo com base em diagnóstico físico-conservacionista. Bertoni e Lombardi Neto (1999) comentam que o mapa de capacidade de uso do solo direciona o uso do solo segundo a capacidade de uso para agricultura, ou para pastagem, ou para o florestamento, sendo portanto um importante meio para planejamento conservacionista do uso do solo. Rocha e Kurtz (2007), entretanto, posterior a aplicação de diagnósticos apresentam estratégias para mitigar a deterioração local com base no manejo, tendo como um dos exemplos citados a barragem subterrânea. Para Rocha e Kurtz (2007) e o Baracuhy et al (2007) o objetivo principal da barragem subterrânea está vinculado à exploração agrícola, especialmente no semi-árido do Brasil (ROCHA e KURTZ,

2007), uma vez que, proporciona um armazenamento de água (através da contenção de água pelos poros dos solos localizados a montante do barramento) aumentando assim a macroporosidade da superfície, diminuindo a capilaridade e portanto, a perda de água por evaporação. Entendendo o uso da barragem subterrânea como vinculada a agricultura a seleção de área para introdução da barragem subterrânea deve possuir aptidão para tal, caso contrário, conforme Rocha (1997) em áreas onde o uso atual não corresponde a sua capacidade de uso ocorre a deterioração.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia aplicada foi desenvolvida em torno da elaboração do mapa de capacidade de uso do solo, usando como base o modelo de elaboração oriundo do diagnóstico de deterioração físico-conservacionista de Rocha (1997). O manejo (com ênfase em construção de barragem subterrânea voltada para melhorar o cultivo agrícola), posterior, teve como base a aptidão do solo (voltada para agricultura) indicada pelo mapa de capacidade de uso do solo. Para aplicação da metodologia foi selecionada micro-bacia localizada, conforme mostra a fig. 1, a seguir, no município de Currais Novos – Rio Grande do Norte – Brasil.



**Fig. 1 Micro-bacia localizada na zona rural do município de Currais Novos – RN - Brasil**

#### 3.1 Elaboração do mapa de capacidade de uso do solo com base no diagnóstico físico-conservacionista

Um dos resultados do diagnóstico físico-conservacionista proposto pelo Rocha (1997) é o mapa da capacidade de uso do solo. O mapa de capacidade de uso do solo, segundo o modelo do diagnóstico físico-conservacionista, tem como parâmetro básico o coeficiente de rugosidade. Para o cálculo do coeficiente de rugosidade parte-se da divisão da micro-bacia hidrográfica em unidades menores, denominadas de mini-bacias.

Uma vez dividida a micro-bacia que se pretende analisar em mini-bacias, parte-se então para calcular o coeficiente de rugosidade de cada mini-bacia. O coeficiente de rugosidade é dado pela seguinte expressão:

$$RN = D \times H \quad (1)$$

Sendo:

RN = coeficiente de rugosidade (adimensional).

D = densidade de drenagem do compartimento avaliado, em km/ha.

H = declividade média do compartimento avaliado, em %.

A declividade média é encontrada com base em informações oriundas de plano de informação correspondente. O uso de cartas planialtimétricas é uma das fontes de informações que podem ser usadas para se encontrar a declividade média. O cálculo da declividade média é dado pela expressão:

$$H = (\Sigma LCN \times \Delta h / A) \times 100 \quad (2)$$

Onde:

H = declividade média, em %.

$\Sigma LCN$  = somatório dos comprimentos de todas as curvas de nível na Micro-bacia mapeada, em hm ou m.

A = área da Micro-bacia, em ha (ou m<sup>2</sup>).

$\Delta h$  = equidistância das curvas de nível, em hm (ou m).

A densidade de drenagem “D”, de forma similar ao que ocorre com a declividade média parte-se da existência de um plano de informação (como cartas planialtimétricas) para se calcular o valor. O cálculo da densidade de drenagem é dado pela seguinte expressão:

$$D = \Sigma (R, C, T) / A \quad (3)$$

Onde:

$\Sigma R, C, T$  = somatório dos comprimentos das ravinas, canais e tributários de cada unidade de solo, em km;

A = área do compartimento, em ha;

D = densidade de drenagem, em km/ha.

Uma vez encontrados os valores da declividade média e densidade de drenagem é feita a multiplicação (conforme fórmula 01) para encontrar o coeficiente de rugosidade. Os coeficientes de rugosidade são encontrados, para cada mini-bacia (sub-divisão da micro-bacia) tendo portanto, valores distintos correspondentes ao número de mini-bacia. Uma

vez encontrados os valores específicos para cada mini-bacia é calculada a amplitude conforme formula a seguir:

$$A = \text{maior RN} - \text{menor RN} \quad (4)$$

Onde:

RN = Coeficiente de rugosidade

Com o valor da amplitude parte-se para encontrar o valor dos intervalos, para tanto, divide-se o valor da amplitude por 4. Os intervalos são dados pela expressão a seguir:

$$I = A / 4 \quad (5)$$

Após encontrados os intervalos, é classificado o menor valor de intervalo como sendo apto para agricultura (A), seguido por pastagem (B), pastagem/ florestamento (C) e ,por fim, a classe “D” adequada para florestamento. Concluído este procedimento são observados os valores iniciais de coeficiente de rugosidade, e os mesmo são classificados conforme os intervalos propostos com a aplicação da formula 05. A classificação de cada mini-bacia conforme os intervalos é o passo final para composição do mapa de capacidade de uso do solo.

### **3.2 Manejo de tecnologia aplicada para mitigar a deterioração local**

O manejo é procedido em área onde o mapa de capacidade de uso do solo indique a aptidão para cultivo agrícola, uma vez que o que se pretende é a introdução de uma tecnologia que mitigue os efeitos da deterioração.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Nesta seção são apresentados os resultados de aplicação da metodologia.

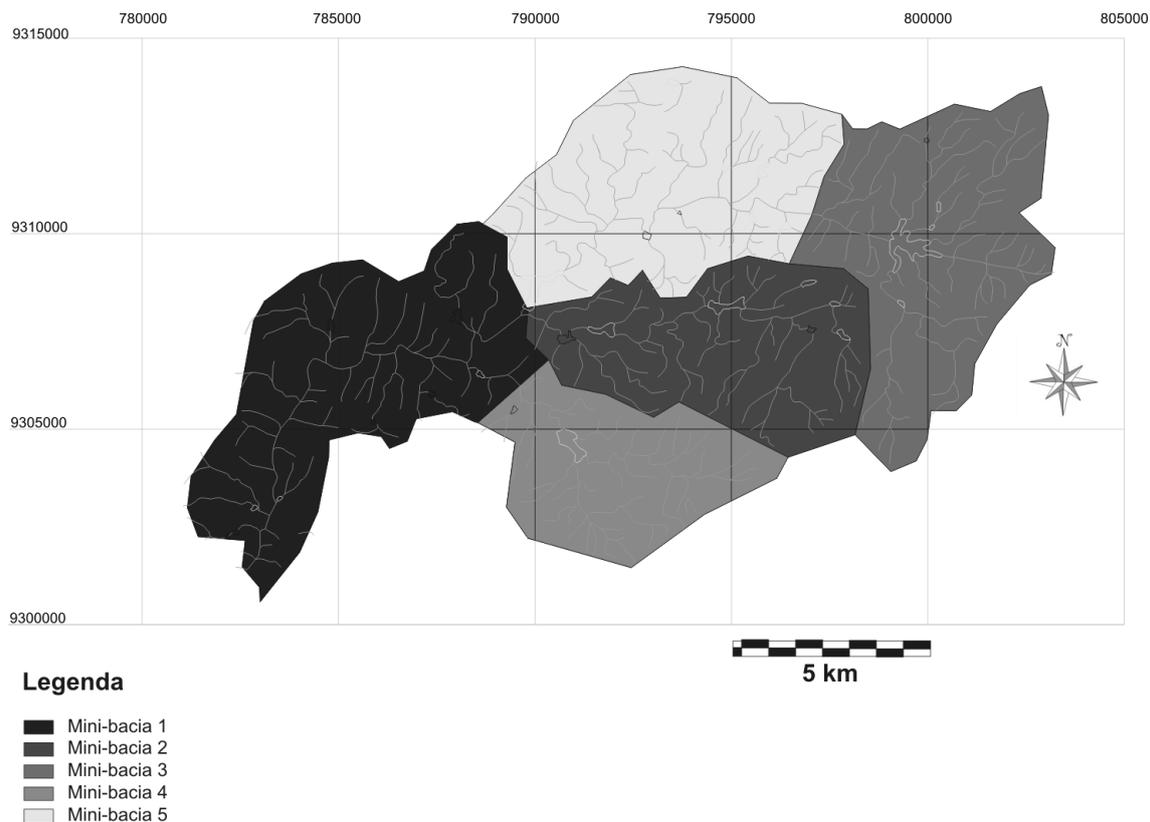
### **4.1 Delimitação da Micro-bacia**

Para proceder à delimitação da micro-bacia inicialmente foi realizado o georreferenciamento (a partir da imagem do satélite Landsat de 19 de junho de 2008, com o uso do software IDRISI KILIMANJARO) tendo como base coordenadas conhecidas. Posteriormente a imagem foi exportada para o software arc gis onde foi delimitada a micro-bacia com a extensão rhec\_goohmf e uma vez delimitada a micro-bacia, a figura foi exportada para o software AUTOCAD 2007.

### **4.2 Divisão da Micro-bacia**

No software AUTOCAD 2007, uma vez já, delimitada a micro-bacia, a mesma foi dividida em 5 regiões, tendo como base a rede de drenagem e a topografia. Após a divisão a imagem foi exportada para o software COREL DRAW X3 para detalhamento final da composição do mapa de compartimento da micro-bacia, definindo assim as mini-bacias.

A fig. 2, abaixo, mostra a divisão da micro-bacia em mini-bacias:



**Fig. 2** Mapa de divisão da micro-bacia em mini-bacias

#### 4.4 Elaboração do mapa de capacidade de uso do solo

Após a divisão em mini-bacias foi, em cada mini-bacia, calculado o valor do coeficiente de rugosidade. Para cálculo do coeficiente de rugosidade é necessária a obtenção dos elementos: a densidade de drenagem e a declividade média.

##### 4.4.1 Análise da declividade média

Para obtenção do primeiro elemento para cálculo do coeficiente de rugosidade (declividade média) foi utilizada a carta<sup>1</sup> topográfica digitalizada na escala de 1:100000, onde a partir do software AUTOCAD 2007 foram selecionadas as curvas de nível e divididas por mini-bacia. Depois da divisão das curvas de nível de cada compartimento foi realizada a soma das mesmas por mini-bacia. Uma vez realizado o somatório das curvas de nível de cada compartimento, foi procedida a multiplicação por 50 m (intervalo entre as curvas de níveis conforme descrito na formula 02 pelo “ $\Delta h$ ”) e divida pelas respectivas áreas de cada compartimento.

1 - Carta topográfica cerro corá, folha: SB. 24 - Z- B - III, escala 1:100.000, do programa pro-água semi-árido da secretaria de recursos hídricos do estado do Rio Grande do Norte, Brasil, 2003. [CD]

A seguir a tabela 1 apresenta os resultados da declividade média de cada compartimento:

**Tabela 1 Declividade média da micro-bacia por compartimentos.**

<b>Mini-bacia</b>	<b>Resultado declividade média (%)</b>
<b>1</b>	14,3072
<b>2</b>	12,3827
<b>3</b>	15,8773
<b>4</b>	13,8911
<b>5</b>	14,3116

#### **4.4.2 Análise da densidade de drenagem**

A densidade de drenagem de cada compartimento foi encontrada a partir da carta<sup>2</sup> topográfica digitalizada na escala de 1:100000, onde, inicialmente foi procedida a mensuração, da rede de drenagem por compartimento (utilizando o software AUTOCAD 2007) e posteriormente dividida pela área. A seguir a tabela 2 apresenta os resultados por compartimento:

**Tabela 2 Densidade de drenagem da micro-bacia por compartimentos.**

<b>Mini-bacia</b>	<b>Densidade de drenagem</b>
<b>1</b>	0,0198
<b>2</b>	0,0195
<b>3</b>	0,0194
<b>4</b>	0,0203
<b>5</b>	0,0183

#### **4.4.3 Cálculo do coeficiente de rugosidade**

Uma vez encontrados os valores da declividade média e da densidade de drenagem, o passo seguinte foi a multiplicação dos mesmos para encontrar o coeficiente de rugosidade.

2 - Carta topográfica cerro corá, folha: SB. 24 - Z- B - III, escala 1:100.000, do programa pro-água semi-árido da secretaria de recursos hídricos do estado do Rio Grande do Norte, Brasil, 2003. [CD]

A tabela 3, adiante, apresenta os valores do coeficiente de rugosidade por mini-bacia:

**Tabela 3 Cálculo do coeficiente de rugosidade**

<b>Cálculo do coeficiente de rugosidade</b>				
<b>Nº</b>	<b>Mini-bacia</b>	<b>Declividade Média</b>	<b>Densidade de Drenagem</b>	<b>Coeficiente de Rugosidade (RN) = (Dm x Dd) =</b>
		Declividade média (Dm)=	Densidade de drenagem (Dd)=	RN = 0,2717
<b>1</b>		14,3	0,019	RN x 10 <sup>2</sup> = 27,17
		Declividade média (Dm)=	Densidade de drenagem (Dd)=	RN =
<b>2</b>		12,38	0,019	0,23522 RN x 10 <sup>2</sup> = 23,522
		Declividade média (Dm)=	Densidade de drenagem (Dd)=	RN =
<b>3</b>		15,87	0,019	0,30153 RN x 10 <sup>2</sup> = 30,153
		Declividade média (Dm)=	Densidade de drenagem (Dd)=	RN =
<b>4</b>		13,81	0,02	0,2762 RN x 10 <sup>2</sup> = 27,62
		Declividade média (Dm)=	Densidade de drenagem (Dd)=	RN =
<b>5</b>		14,31	0,018	0,25758 RN x 10 <sup>2</sup> = 25,758

#### 4.4.4 Mapa de capacidade de uso do solo

Depois de calculados os valores do coeficiente de rugosidade foi procedida à subtração do intervalo maior (maior coeficiente de rugosidade subtraído do menor coeficiente de rugosidade) e dividido por 4 (quatro) para encontrar os intervalos específicos, para a composição da capacidade de uso do solo de cada mini-bacia.

A seguir a seqüência de calculo do para elaboração do mapa de capacidade de uso do solo exposto nas tabelas 4, 5 e 6:

**Tabela 4 Análise da capacidade de uso do solo**

<b>Análise de capacidade de uso do solo</b>	
<b>Maior coeficiente de rugosidade (RN1)</b>	30,15
<b>Menor coeficiente de rugosidade (RN2)</b>	23,52
<b>RN1-RN2</b>	6,63
<b>(RN1-RN2)/4</b>	1,66
<b>Primeiro intervalo A</b>	25,18
<b>Segundo intervalo B</b>	26,84
<b>Terceiro Intervalo C</b>	28,49
<b>Quarto intervalo D</b>	30,15

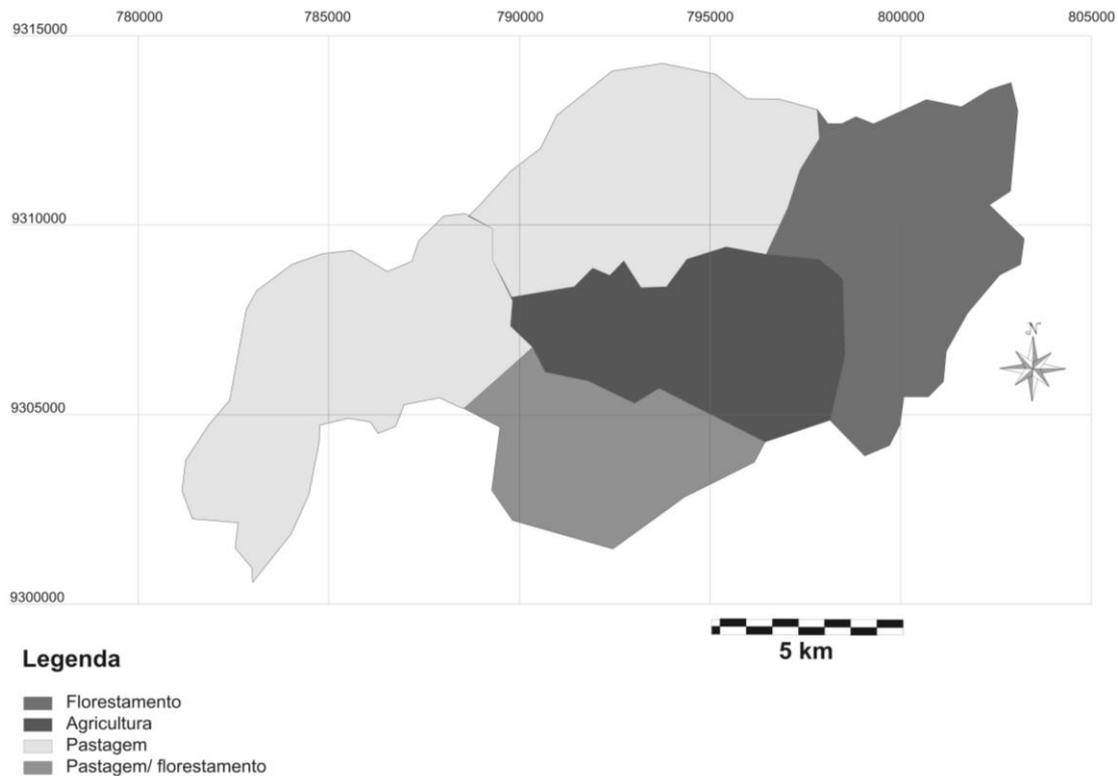
**Tabela 5 Intervalos da capacidade de uso do solo**

<b>Intervalos para a capacidade de uso do solo</b>	
<b>23,5-25,1</b>	A (Agricultura)
<b>25,2-26,8</b>	B (Pastagem)
<b>26,9-28,4</b>	C (Pastagem/floresta)
<b>28,5-30,1</b>	D (Floresta)

**Tabela 6 Análise da capacidade de uso do solo**

<b>Classificação da capacidade de uso do solo</b>	
<b>Mini-Bacia 1</b>	B (Pastagem)
<b>Mini-Bacia 2</b>	A (Agricultura)
<b>Mini-Bacia 3</b>	D (Floresta)
<b>Mini-Bacia 4</b>	C (Pastagem/floresta)
<b>Mini-Bacia 5</b>	B (Pastagem)

A fig. 3, a seguir, apresenta o mapa de capacidade de uso do solo por compartimento na micro-bacia:



**Fig. 3 Mapa de capacidade de uso do solo**

#### **4.5 Manejo de recursos hídricos a partir da utilização de técnica agrícola.**

Com base na aptidão encontrada no mapa de capacidade de uso do solo, foi selecionada área dentro da mini-bacia 2, que possui aptidão para agricultura, para realizar a construção da barragem subterrânea. A construção da barragem subterrânea foi procedida nas coordenadas S 6° 15'27 7'' e W 36° 20'13. Na zona rural do município de Currais Novos – Rio Grande do Norte – Brasil. Em pleno semi-árido da região nordeste do país.

A seguir, a fig. 4, apresenta o registro da construção da barragem na mini-bacia 02:



**Fig. 4 Etapa final da construção da barragem subterrânea**

## 5 CONCLUSÕES

A problemática da região semi-árida brasileira carece de intervenções que possibilitem um convívio com um ambiente deteriorado. O uso da metodologia do diagnóstico físico conservacionista se mostrou eficaz na elaboração do mapa de capacidade de uso do solo direcionando a mini-bacia 2 como aptidão agrícola, sendo portanto, área propícia para a agricultura. Uma vez determinada a aptidão da área, foi procedida a construção da barragem subterrânea com o fim de gerar infra-estrutura hídrica para o cultivo agrícola. A utilização do mapa de capacidade de uso do solo oriundo do diagnóstico físico-conservacionista se mostrou eficaz, haja vista, a construção da barragem subterrânea, caso fosse feita em área onde não se tem a aptidão necessária ao cultivo, geraria, em futuro próximo, prováveis problemas de deterioração. Portanto, o mapa de capacidade de uso do solo se portou como importante ferramenta para o planejamento rural de forma a conferir ao meio sustentabilidade, indo de encontro a prováveis deteriorações ambientais e servindo ao agricultor local como importante mecanismo para aplicação orientada de técnicas de acumulo de água (como a barragem subterrânea), proporcionando um melhor convívio com o ambiente semi-árido. Em relação a futuras aplicações da metodologia, entende-se que o planejamento da introdução da barragem subterrânea aliado ao direcionamento com base no mapa da capacidade de uso do solo, poderão juntos, compor uma importante etapa no planejamento rural de regiões semi-áridas, com vias a mitigar a deterioração e proporcionar um meio de acumulo do recurso hídrico, em outros contextos semelhantes, tanto no país, como em outras regiões ao redor do mundo.



## 6 REFERÊNCIAS

BARACUHY, J. G. de V. et al. (2007) **Técnicas agrícolas para contenção de solo e água**, Impresos Adisson, Campina Grande.

BERTONI, J. e LOBARDI NETO, F. (1999) **Conservação do solo**, Ícone, São Paulo.

CANTER, L. W. (1998) **Manual de evaluación de impacto ambiental: Técnicas para la elaboración de los estudios de impacto**, McGraw-Hill, Madrid.

CIRILO, J. A. et al. (2007) Caracterização do semi-árido, *in* CIRILO, J. A. et al. (Org.) **O uso sustentável dos recursos hídricos em regiões semi-áridas**, ABRH – Editora Universitária UFPE, Recife.

CIRILO, J. A. (2008) Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. **Estudos avançados**, (22), 61-82, URL [On line] : [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext &pid=S0103-40142008000200005&lng=en&nrm=isso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext &pid=S0103-40142008000200005&lng=en&nrm=isso). Acesso em: 28 de Abril de 2010.

GIASSON, E. et al. (2005) Planejamento integrado de uso do solo atual: uma disciplina integradora no ensino da agronomia na UFRGS, **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, (29) 995-1003.

ONDER, H. e YILMAZ, M. (2005) Underground dans: A tooof of suistainable development and management of grandwater resoucers, **European Water**, (11), 25-35.

ROCHA, J. S. M. da. (1997) **Manual de projetos ambientais**, Imprensa Universitária, Santa Maria.

ROCHA, J. S. M. e KURTZ, S. M. J. M. (2007) **Manual de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**, Edições UFSM CCR/UFSM, Santa Maria.