

Análise do Desempenho Hidro-Agrícola do Perímetro de Irrigação Nilo Coelho

Heber Pimentel Gomes

Universidade Federal da Paraíba – Depto. de Tecnologia da Construção Civil - Cid. Universitária
58050-900 João Pessoa, PB - heberp@uol.com.br

Recebido: 14/08/00 - revisão: 09/11/00 - aceite: 05/02/01

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar as discussões e os resultados sobre o desempenho hidro-agrícola do perímetro de irrigação Nilo Coelho.

O perímetro de irrigação Nilo Coelho está situado no município de Petrolina, no Estado de Pernambuco - Brasil, às margens do rio São Francisco. Possui vinte mil hectares irrigados, sendo o maior perímetro de irrigação em exploração no Brasil.

O perímetro tem apresentado sérios problemas de abastecimento d'água nos setores pressurizados, principalmente no que diz respeito à falta de pressão e vazão nos pontos de tomada d'água das parcelas irrigadas.

No redimensionamento do sistema de abastecimento d'água das parcelas de irrigação utilizou-se o método Granados de dimensionamento econômico de redes ramificadas.

Os resultados do trabalho demonstraram que os principais problemas hidro-agrícolas detectados se devem a falhas técnicas do projeto executivo e a problemas de manejo da irrigação.

Palavras-chave: irrigação; otimização.

INTRODUÇÃO

O perímetro de irrigação Nilo Coelho (PNC), está localizado no nordeste do Brasil (Estado de Pernambuco), nas margens do rio São Francisco, junto às cidades de Petrolina e Juazeiro. Possui 20 mil hectares irrigados, distribuídos em 34 setores pressurizados de irrigação, que recebem água de uma rede primária constituída de um canal principal e vários secundários, cuja vazão total, aduzida do rio São Francisco, através de uma estação de bombeamento principal (EBP), pode alcançar até 23,0 m³/s. É o maior perímetro de irrigação atualmente explorado no Brasil, com predominância do cultivo de frutas e hortaliças. O perímetro, originalmente denominado Projeto Massangano, foi implantado pela CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco), e atualmente vem sendo gerenciado pelo Distrito de Irrigação Nilo Coelho. O distrito é composto por pequenos irrigantes (agricultores que exploram parcelas de 6 hectares), médios e grandes empresários, que exploram áreas de dezenas e centenas de hectares, respectivamente. Parte da produção de frutas do perímetro se destina atualmente à exportação, onde se destacam as culturas de manga, uva, pinha, acerola, goiaba, coco, dentre outras.

As parcelas comunitárias (de 6,0 ha de área bruta) são irrigadas, na sua grande maioria, por aspersão convencional, sendo as linhas laterais portáteis e as linhas de distribuição fixas. Os 31 setores são abastecidos por estações de bombeamento secundárias, com a água sendo distribuída, através de redes coletivas, de tubulações fixas e enterradas, de cimento amianto. O projeto possui 67 quilômetros de canais e mais de setecentos quilômetros de tubulações fixas, enterradas. Alguns lotes estão sendo irrigados por micro-aspersão e gotejamento, enquanto nos lotes empresariais existem também áreas irrigadas com outros sistemas, tais como canhão hidráulico e pivô central.

O perímetro, cujo projeto executivo definitivo foi elaborado pelo consórcio de consultoras ENCO-TAJAL (1981, 1983), começou a ser operado parcialmente em 1984. Desde então até o momento, se passaram mais de quinze anos e, como acontece na maioria dos perímetros irrigados existentes no mundo, suas condições de exploração sofreram modificações, em virtude do surgimento de novas conjunturas técnicas, econômicas e sociais. Devido

a essas modificações e possíveis falhas do projeto executivo, o perímetro tem apresentado problemas hidráulicos de abastecimento d'água às parcelas irrigadas. O diagnóstico e a apresentação de soluções para esses problemas hidro-agrícolas se constituem no objetivo deste trabalho.

METODOLOGIA

A metodologia usada é constituída por três partes. Na primeira parte é feita uma análise hidro-agrícola do projeto original, através da memória de cálculo do projeto executivo das parcelas de colonização, de 6,0 ha de área, e do sistema de distribuição de água pressurizada do setor 11. Na segunda parte são feitas análises da situação atual de operação da irrigação desse setor, através de medições hidrométricas realizadas pela equipe de manutenção e operação do PNC. Na terceira é realizado o redimensionamento hidro-agrícola das parcelas de colonização e da rede coletiva de distribuição do setor 11, com sua estação de bombeamento. No redimensionamento das redes coletivas de distribuição de água para os setores do PNC empregou-se o método Granados (1991), que calcula, através de critérios de otimização econômica, redes pressurizadas ramificadas com suas estações de bombeamento.

Os problemas agrícolas e hidráulicos do perímetro foram analisados detalhadamente apenas para o setor 11, já que o mesmo é considerado representativo para os demais setores do PNC.

Dados do projeto original

Os 31 (trinta e um) setores pressurizados do perímetro Nilo Coelho foram projetados para fornecer água sob pressão aos seus lotes irrigados, sob determinadas condições de operação. As condições de operação de cada setor do perímetro foram definidas em função dos projetos hidráulico-agronômicos dos seus lotes, e do dimensionamento da rede coletiva das tubulações de distribuição. A Tabela 1 apresenta as condições hidro-agrícolas do projeto original das parcelas irrigadas dos diversos setores do perímetro.

A Figura 1 mostra o traçado da rede coletiva de distribuição do setor 11. Cada parcela é representada através de um número, assim como os trechos da rede. A Tabela 2 apresenta os dados referentes à rede coletiva, enquanto na Tabela 3 estão os preços dos tubos de cimento amianto empregados no projeto original da rede coletiva do setor 11. Os preços unitários dos tubos estão em cruzeiros por metro, já

que na época de elaboração do projeto a moeda utilizada era o cruzeiro.

A estação de bombeamento secundária do setor 11, implantada no PNC, é composta de quatro conjuntos motor-bomba (sendo um de reserva), com bombas centrífugas horizontais, de sucção simples, instaladas em paralelo, acionadas, respectivamente, por motores elétricos de 150 CV. Essa potência foi calculada para uma altura manométrica de 55 mca, uma vazão de 500 m³/h (a vazão total demandada pelo setor é de 1500 m³/h) e um rendimento de 80% (OPH Engenharia S.A, 1987).

Situação atual de operação do setor 11 do PNC

A equipe de manutenção e operação do PNC realizou uma bateria de medições hidrométricas, com o intuito de diagnosticar a situação mais desfavorável de irrigação de todas as parcelas do setor 11 (46 lotes). Basicamente, se procurou quantificar as vazões e pressões nas entradas das parcelas, e as condições de fornecimento d'água por parte da estação de bombeamento secundária deste setor. As medições foram realizadas, na condição de abastecimento máximo da rede coletiva de distribuição do setor 11, ou seja, com todas as parcelas irrigando simultaneamente. A irrigação do setor 11 começa às 6 horas da manhã e termina às 17 horas, havendo determinado período desse intervalo (em torno de 11 horas da manhã) no qual, praticamente, todas as parcelas são irrigadas simultaneamente.

As pressões nas entradas das parcelas foram medidas, através de manômetros posicionados nas ventosas, situadas imediatamente à jusante das demais peças que compõem os hidrantes dos lotes (registro, filtro e hidrômetro). Por sua vez, as vazões nas entradas das parcelas foram medidas com base nas leituras dos hidrômetros, dividindo-se a diferença das leituras volumétricas, pelo tempo correspondente, de aproximadamente uma hora. Para cada parcela do setor 11 mediu-se a área normalmente irrigada, considerando-se a superfície ampliada, já que alguns agricultores da periferia do setor 11 ampliaram seus lotes, agregando a suas parcelas, áreas não previstas no projeto original. Mediu-se também o número de aspersores, com seus respectivos bocais (diâmetros), a altura do

Tabela 1. condições hidro-agrícolas do projeto original das parcelas irrigadas dos diversos setores do perímetro Nilo Coelho (ENCO-TAJAL, 1983).

Principais culturas exploradas	Tomate, feijão, cebola, melancia, banana, manga, uva, coco, goiaba, acerola, pinha, etc.
Sistema de irrigação	Aspersão convencional semiportátil, com linhas laterais de 75 mm de diâmetro e tubulação de distribuição de 100 mm (alumínio);
Espaçamento entre aspersores e laterais	12 m × 12 m;
Vazão nominal do aspersor	1 m ³ /h;
Pressão de serviço do aspersor	30 mca;
Diâmetro dos bocais dos aspersores	3,2 mm × 2,5 mm;
Diâmetro de cobertura dos aspersores	27 m;
Altura do tubo porta-aspersor	0,5 m;
Dimensão das parcelas	288 m × 204 m = 6,0 ha;
Pressão requerida nas tomadas d'água das parcelas	40 mca;
Vazão requerida nas tomadas d'água das parcelas	35 m ³ /h;
Número de dias de irrigação mensal	25;
Número de horas diárias de irrigação, no mês de máxima demanda hídrica (outubro)	20.

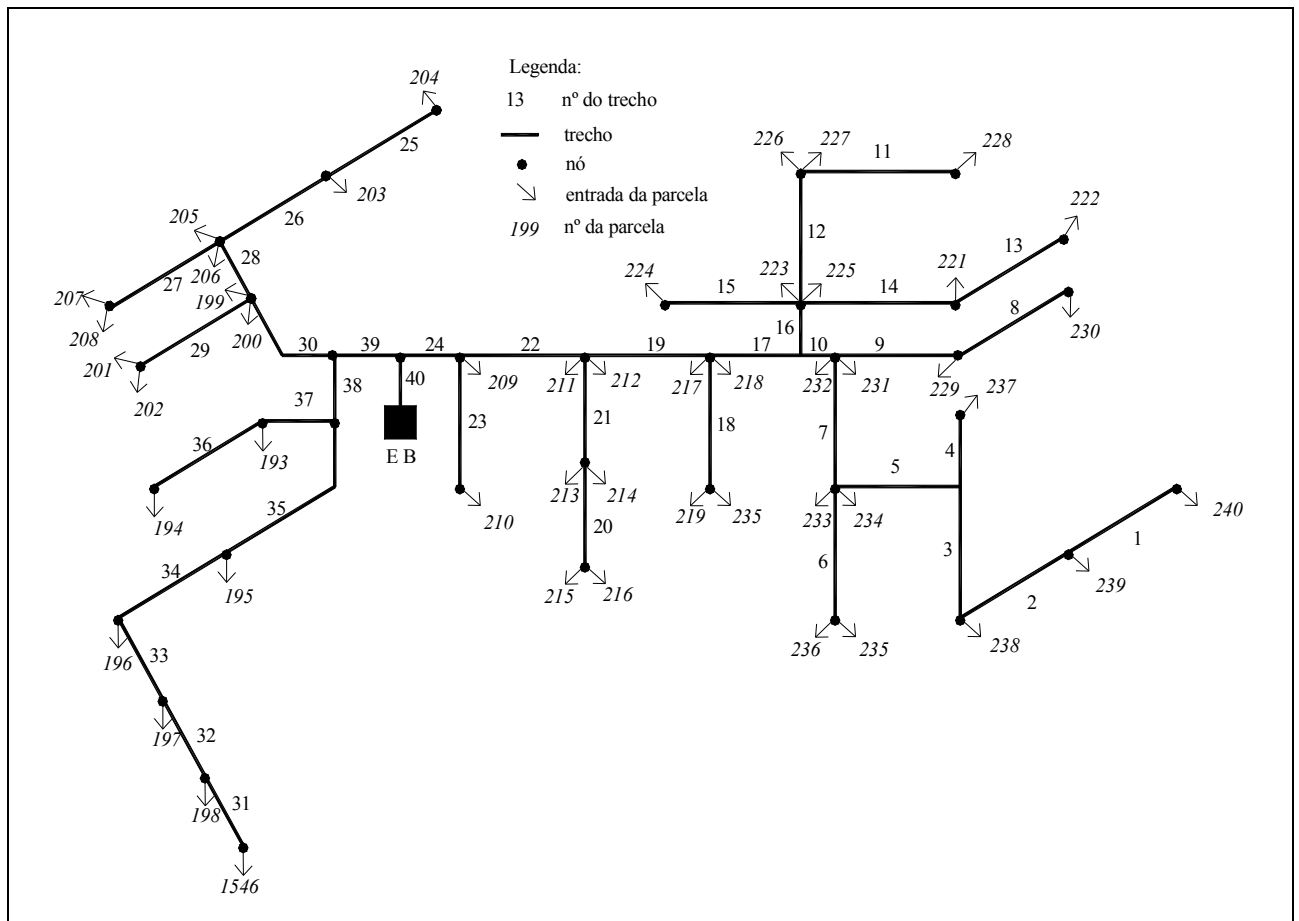


Figura 1. Traçado da rede coletiva do setor 11.

tubo de subida e se verificou a cultura irrigada. Com base nessas leituras pôde-se detectar:

- a. A área total irrigada no setor, durante a realizações das medições, foi de 303 hectares. Das 49 parcelas potencialmente irrigáveis, 16 estão com suas áreas ampliadas. A área ampliada foi de aproximadamente 10% da área originalmente projetada;
- b. Mais da metade das parcelas possuem um número de aspersores superior a 34, que corresponde ao número de emissores por lote do projeto executivo;
- c. Apenas 25% das parcelas dispõem ainda da configuração original do aspersor do projeto executivo;
- d. Em apenas cinco parcelas, a pressão no ponto de tomada d'água foi maior ou igual à pressão requerida de projeto, que é de 40 mca;
- e. Em aproximadamente 50% das parcelas, as vazões medidas, nos respectivos hidrômetros, foram significativamente maiores do que a dotação parcelar de projeto ($35 \text{ m}^3/\text{s}$);
- f. Para a vazão nominal da estação elevatória do setor de $1500 \text{ m}^3/\text{h}$ a pressão medida no barrilete de recalque foi igual a 48 mca, que é significativamente inferior à altura manométrica requerida pelo projeto original, que foi de 54 mca.

Método Granados

O método Granados (1991) compreende um algoritmo iterativo de otimização, que fornece o custo mínimo de uma rede de distribuição ramificada (custo de investimento e de operação) em função da altura manométrica ou cota piezométrica do sistema de bombeamento. Os preços unitários dos tubos são função de seus materiais, diâmetros e classes.

O processo de otimização do método consta de duas etapas. A primeira consiste na determinação de uma solução inicial, que é uma solução de contorno, a qual fornece o custo ótimo da rede de distribuição à cota piezométrica de cabeceira, estritamente necessária para alimentar a rede ramificada, composta das tubulações de menores diâmetros admissíveis. A segunda etapa consta de uma sequência de iterações, na qual se diminui paulatinamente (a partir da solução inicial) a cota piezométrica de cabeceira e se obtém, para cada decréscimo desta cota, um novo custo ótimo da rede de distribuição.

Para a obtenção da solução inicial se determinam, primeiramente, os diâmetros mínimos

admissíveis das tubulações que irão compor os trechos da rede de distribuição. Estes são determinados em função das velocidades máximas admissíveis, de acordo com o critério de restrição de velocidades adotado, e das vazões dos trechos da rede. As vazões nos trechos da rede ramificada podem ser obtidas por critérios probabilísticos (Clement e Galant, 1986), ou por acumulação direta, de montante a jusante, das demandas das parcelas irrigadas. Essa segunda alternativa foi a utilizada no projeto original do perímetro Nilo Coelho.

Após a determinação dos diâmetros mínimos das tubulações dos trechos da rede, são calculadas as perdas de carga correspondentes e a cota piezométrica de cabeceira, estritamente necessária para atender aos requerimentos de pressão nos pontos de abastecimento e superar as perdas de carga da rede (contínuas, localizadas e por diferenças de cotas altimétricas). Para cada trecho da rede de distribuição se atribui uma pressão nominal à tubulação, em função da pressão de trabalho exercida, que corresponde à máxima pressão hidráulica que poderá atuar sobre cada trecho da rede.

O custo de investimento da rede de distribuição, relativo à solução inicial, é determinado diretamente a partir dos comprimentos das tubulações dos trechos, dos diâmetros mínimos obtidos e das classes adotadas. O custo de operação é determinado em função da vazão total calculada para a rede, da cota piezométrica, do rendimento esperado do conjunto motor-bomba, do número de horas de bombeamento e do custo unitário da energia.

Após a determinação da solução inicial inicia-se a segunda etapa do método de dimensionamento proposto. Esta consiste na execução de um processo iterativo de operações, que reduz gradualmente a cota piezométrica da cabeceira, com o mínimo acréscimo de custo possível da rede de distribuição. O processo iterativo - através de uma programação dinâmica - termina quando é alcançada a cota piezométrica de cabeceira desejada pelo projetista, ou quando é alcançada a cota que proporciona o custo mínimo (investimento e operação) da rede de distribuição (Figura 2). O processo de diminuição gradual da cota piezométrica de cabeceira se efetua com a diminuição, em cada iteração,

Tabela 2. Dados referentes à rede de distribuição do setor 11 ENCO-TAJAL (1983).

Trecho	Comp. (m)	Vazão (m ³ /h)	D/Classe (mm)	Perda de carga (m)	Parcelas atendidas	Cota do ter. (m)	Cota piez. (mca)
1	250	35	150/20	0,63	240	386,4	426,5
2	310	70	150/20	2,81	239	387,9	
3	160	105	200/20	0,76	238	389,5	430,0
4	70	35	150/20	0,18	237	391,0	430,5
5	220	140	250/20	0,60		390,6	430,7
6	310	70	150/20	2,81	235, 236	389,3	428,5
7	300	280	250/20	2,95	233, 234	391,9	431,3
8	320	35	150/20	0,80	230	389,5	432,0
9	220	70	150/20	2,00	229	391,5	
10	210	410	300/20	1,72	231, 232	393,6	434,3
11	320	35	150/20	0,80	228	391,3	433,7
12	220	105	200/20	1,05	226, 227	393,0	434,5
13	320	35	150/20	0,80	222	389,5	432,0
14	310	70	150/20	2,81	221	391,4	
15	300	35	150/15	0,75	224	393,9	434,8
16	40	280	250/15	0,39	223, 225	393,3	435,6
17	230	685	300/15	4,88		393,3	436,0
18	310	70	150/20	2,81	219, 235	392,2	438,0
19	440	820	350/15	6,15	217, 218	393,7	440,9
20	310	70	150/20	2,81	215, 216	393,6	434,4
21	300	140	150/20	9,83	213, 214	393,5	
22	530	975	400/15	5,32	211, 212	393,4	447,0
23	230	35	150/15	0,58	210	395,1	451,8
24	450	1040	450/15	2,87	209	396,2	452,3
25	140	35	150/15	0,35	204	403,4	444,1
26	340	70	150/15	3,09	203	403,3	
27	320	70	150/15	2,90	207, 208	401,3	444,6
28	440	210	200/15	3,76	205, 206	403,2	447,5
		210	250/15	1,27			
29	310	70	150/15	2,81	201, 202	400,2	449,8
30	310	350	300/15	1,89	199, 200	402,4	452,6
31	300	35	150/20	0,75	1546	392,1	
32	280	35	150/20	0,70	198	392,1	434,6
33	310	70	150/15	2,81	197	394,9	
34	210	105	150/15	4,04	196	397,7	438,1
35	340	140	150/15	11,14	195	399,0	
36	310	35	150/15	0,78	194	399,9	451,2
37	140	70	150/15	1,27	193	400,5	
38	70	210	200/15	1,20		401,3	453,3
39	110	550	350/15	0,73		402,4	454,5
40	10	1515	500/15	0,08		401,2	455,2

da perda de carga, na artéria mais desfavorável da rede. Essa diminuição se faz com o aumento ou aumentos dos diâmetros dos tubos no(s) trecho(s) da rede de menor(es) *gradiente de câmbio*. O gradiente de câmbio (C), de um determinado trecho da rede, representa o acréscimo de custo, por diminuição de perda de carga, provocado pela mudança de seu diâmetro pelo diâmetro nominal consecutivo superior. O valor de C, correspondente a um determinado trecho da rede, é obtido por:

$$C = (Pt_2 - Pt_1) / (J_1 - J_2) \quad (1)$$

onde Pt_1 é o custo do trecho com o diâmetro menor D_1 ; Pt_2 é o custo do trecho com o diâmetro maior D_2 ; J_1 é a

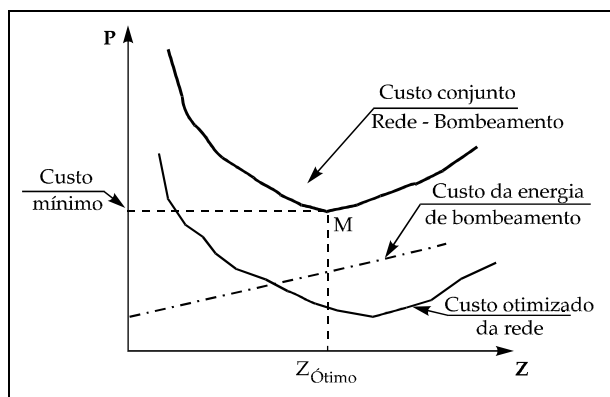
Tabela 3. Preços dos tubos.

Diâmetro (mm)	Preços (Cr\$/m)	
	Classe 15	Classe 20
100	-	689
125	-	858
150	914	1.053
200	1.297	1.590
250	1.720	2.129
300	2.188	2.743
350	2.841	3.530
400	3.665	4.636
450	4.768	6.088
500	5.591	7.433
600	6.600	9.000
700	7.500	10.500

perda de carga no trecho de diâmetro D_1 ; J_2 é a perda de carga no trecho de diâmetro D_2 .

Ao trecho de menor gradiente de câmbio dá-se o nome de trecho ótimo. O decréscimo da cota piezométrica na cabeceira da rede e nos demais nós do sistema (efetuado em cada iteração do processo de cálculo) está diretamente relacionado com a diminuição da perda de carga, obtida com o aumento do diâmetro ou diâmetros da rede, e com os excessos de pressão existentes em cada nó da rede de distribuição. Ou seja, o decréscimo da cota piezométrica de cabeceira, em cada iteração de cálculo, será o menor valor entre a diminuição da perda de carga obtida no trecho ou trechos de menores *gradientes de câmbio*, e os excessos de pressão de todos os nós da rede, excetuando-se aqueles situados a jusante do trecho ou dos trechos ótimos (aquele ou aqueles de menores gradientes de câmbio).

Definida a nova cota piezométrica de cabeceira da rede, é necessário reajustar as pressões nominais das tubulações dos trechos, seus preços e seus gradientes de câmbio, assim como as pressões disponíveis em todos os nós da rede. O novo custo ótimo de investimento da rede será igual ao custo anterior, mais a diferença de custo proporcionado pelo aumento de diâmetro do trecho ótimo, menos as economias relativas às mudanças de pressões nominais. O par de valores resultante da nova cota piezométrica de cabeceira, e do custo da rede correspondente, representa um novo ponto na curva, que proporciona o custo otimizado da rede em função da cota piezométrica de cabeceira. O custo da energia de bombeamento decresce linearmente

**Figura 2. Curva da otimização conjunta: rede – energia de bombeamento (Gomes, 1999).**

com a diminuição da altura manométrica de bombeamento, ou cota piezométrica da cabeceira do sistema, conforme se observa através da Figura 2.

A segunda etapa do método proposto de otimização econômica segue a metodologia exposta anteriormente, baixando gradualmente a cota piezométrica da cabeceira, até alcançar a cota estabelecida pelo projetista, ou até atingir a cota que proporciona o custo mínimo conjunto - de investimento e operação da rede de distribuição.

Os cálculos otimizados das redes do setor 11 foram efetuados com o auxílio do programa REDES (Gomes, 1996 e 1999).

Redimensionamento das parcelas e da rede coletiva do setor 11

A Tabela 4 apresenta os dados do balanço hídrico, necessário à determinação das necessidades hídricas (dotações parcelares) das parcelas de irrigação do PNC, enquanto que na Tabela 5 se encontram as pressões requeridas nas tomadas d'água, segundo a dotação parcelar.

A Tabela 6 apresenta o resultado do dimensionamento da rede coletiva do setor 11 para três condições distintas. Na coluna "Originais" são apresentados os diâmetros de cada trecho correspondentes ao projeto original. Na coluna Granados¹ são mostrados os diâmetros da rede, calculada através do método Granados de otimização econômica, enquanto que na coluna Granados² estão os diâmetros otimizados da rede, para as condições de máximas demandas do sistema, calculadas para as situações atuais de operação do setor 11. O dimensionamento otimizado foi executado através do método Granados (1991) de otimização de redes ramificadas pressurizadas.

Tabela 4. Balanço hídrico para a determinação das necessidades hídricas no perímetro irrigado de Nilo Coelho (Gomes, 1997).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
E. tanque (mm)	266	211	215	200	206	211	246	280	310	321	288	270
Eto (mm/mês)	200	158	160	150	154	158	184	210	232	240	216	202
Kc	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Etp (mm/mês)	152	120	122	114	117	120	140	160	176	182	164	153
Pc (mm)	27	41	80	51	0	3	0	0	0	0	23	31
Nl (mm)	125	79	42	63	117	117	140	160	176	182	141	122
Ea (%)	65	65	65	65	65	65	65	65	62	62	65	65
Ef (%)	61	61	61	61	61	61	61	61	58	58	61	61
Nb (mm)	205	130	69	103	192	192	230	262	303	314	231	200
Nb (m ³ /ha/h)	6,4	4,5	2,2	3,3	6,0	6,2	7,2	8,2	9,8	9,8	7,5	6,3
Nb (m ³ /parc/h)	38,4	27,0	13,2	19,8	36,0	37,2	43,2	49,2	58,8	58,8	45,0	37,8

Tabela 5. Pressão requerida na tomada d'água da parcela de colonização segundo a dotação parcelar.

Dotação parcelar	Vazão do aspersor	Perda na lateral	H lateral	Perdas na tubulação	Perda no hidrante	Pressão requerida
(m ³ /h)	(m ³ /h)	(mca)	(mca)	(mca)	(mca)	(mca)
35,0	1,03	1,53	33,15	3,05	6,0	42
45,0	1,32	2,58	33,93	5,13	6,0	45
58,8	1,73	4,23	35,17	8,43	6,0	50

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos valores da última linha da Tabela 4 observa-se que apenas durante os meses de fevereiro, março e abril, as dotações parcelares são inferiores à dotação nominal do PNC, que é de 35 m³/h. Nos meses de dezembro, maio e junho as dotações calculadas não são significativamente superiores à dotação de projeto. No entanto, pelos resultados da tabela, observa-se que entre os meses de julho e novembro as dotações são significativamente superiores à do projeto.

Existem dois fatores que contribuíram para que o valor da dotação parcelar do projeto calculada pela ENCO-TAJAL (1983), - de 35 m³/h para o mês de outubro - tenha sido significativamente diferente do valor obtido no redimensionamento - 58,8 m³/h para o mês de outubro - (Gomes, 1997). O primeiro diz respeito à eficiência de irrigação, que foi superestimada pela ENCO-TAJAL (75%), e o segundo está relacionado com a área parcelar do esquema da irrigação admitida no projeto executivo (área útil irrigável de apenas 4,5 ha).

Segundo estudos efetuados por Gomes (1997) a eficiência de irrigação do perímetro Nilo Coelho, ao longo do ano, varia entre 58 e 61% (Tabela 4). Esses resultados também foram alcançados nos estudos efetuados por Ferreira (1995).

Para uma dotação máxima das parcelas de 58,8 m³/h, a vazão máxima admitida para os asper-

sores será de 1,73 m³/h, considerando uma quantidade de 34 aspersores por lote. Para uma dotação de 45 m³/h, que atende a 75% dos meses do ano, a vazão nominal dos aspersores seria de 1,32 m³/h.

Com relação aos valores das pressões requeridas nas tomadas d'água das parcelas de colonização, apresentados na Tabela 5, pode-se concluir: para a dotação parcelar de projeto, de 35 m³/h, a pressão mínima exigida na entrada da parcela é de 42 mca, que é superior ao valor de 40 mca admitido no projeto executivo no PNC; para uma dotação parcelar de 45 m³/h, que atende à 75% dos meses do ano, a pressão mínima requerida na entrada da parcela é de aproximadamente 45 mca; para uma dotação parcelar de 58,8 m³/h, a pressão mínima requerida na entrada da parcela é de aproximadamente 50 mca.

Com base nos dados da Tabela 6 (dimensionamento da rede) e da Tabela 3 (preço dos tubos) pode-se concluir que o custo da rede coletiva, calculada pelo método Granados de otimização, para a condição original do projeto, foi 6,5% inferior ao custo da rede correspondente ao projeto original do setor 11. O custo da rede, calculada através do método Granados, para a situação atual de máxima demanda hídrica, foi 29% maior do que o custo da rede atualmente existente no PNC.

Tabela 6. Diâmetros originais da rede coletiva do setor 11, e os obtidos com o dimensionamento ótimo, para a situação de máxima demanda (Gomes, 1997).

Trecho	D/Classe (mm/Atm)			Trecho	D/Classe (mm/Atm)		
	Originais	Granados ¹	Granados ²		Originais	Granados ¹	Granados ²
1	150/20	100/20 125/20	150/25	21	150/20	200/20	250/20
2	150/20	150/20	200/25	22	400/15	400/15	500/15
3	200/20	200/20	200/25	23	150/15	100/20	125/20
4	150/20	100/20	125/25	24	450/15	400/15	500/15
5	250/20	200/20	250/20	25	150/15	125/20	150/20
6	150/20	125/20	200/25 200/20	26	150/15	150/15	200/20
7	250/20	300/15	300/20 350/15	27	150/15	125/20 150/20	200/20
8	150/20	100/20	150/25 150/20	28	200/15 250/15	200/15 250/15	300/15 350/15
9	150/20	150/20	150/20 200/20	29	150/15	125/20	200/20
10	300/20	300/20	350/15	30	300/15	300/15	350/15
11	150/20	100/20 125/20	125/20 150/20	31	150/20	100/20	125/20
12	200/20	150/20	250/20	32	150/20	100/20	200/20
13	150/20	100/20	150/25	33	150/15	125/20	250/20
14	150/20	150/20	150/20 200/20	34	150/15	150/15	250/20 300/15
15	150/15	100/20 125/20	125/20 150/20	35	150/15	200/20	300/15
16	250/15	300/15	350/15	36	150/15	100/20	125/20
17	300/15	350/15	400/15	37	150/15	125/20	200/20
18	150/20	125/20	150/20	38	200/15	200/15	300/15
19	350/15	400/15	150/15	39	350/15	350/15	400/15
20	150/20	125/20	150/20	40	500/15	500/15	700/15

Possíveis soluções para resolver os problemas hidráulicos do setor 11

- modificação das tubulações da rede original do setor 11, com o aumento dos diâmetros de alguns trechos das artérias onde a água não chega com vazão e pressão suficientes;
- transformação da rede ramificada em uma rede mista, formada por partes ramificadas e partes malhadas;
- aproveitar o tempo máximo da irrigação diária, com a utilização dos sistemas de irrigação por micro-aspersão e/ou gotejamento;
- ligação do setor 12 ao setor 11 através de uma adutora de reforço;
- reforço da EB 11 com mais duas bombas.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conforme ficou demonstrado, o problema de abastecimento d'água do perímetro Nilo Coelho, caracterizado nesse estudo pelo setor 11, se deve principalmente ao subdimensionamento hidro-agrícola das parcelas de irrigação e das redes de distribuição de água, efetuado pela consultora ENCO-TAJAL (1981, 1983 e 1985).

O manejo inadequado da irrigação parcelar por parte dos agricultores (utilização de aspersores com descarga maiores de que as nominais, maior número de linhas laterais irrigando simultaneamente, ampliação da área do lote, etc.) provoca um abastecimento deficiente por parte da rede de distribuição do setor 11. No entanto, mesmo com a correção do manejo inadequado dos irrigantes, o problema continuaria, já que, conforme foi comprovado, o setor 11 do PNC foi consideravelmente subdimensionado.

Do elenco de soluções apresentadas para resolver o problema de abastecimento d'água do setor 11, a alternativa (c), apontada no item anterior, é a mais recomendada, em termos técnicos e econômicos. Com o aumento do número de horas disponíveis para irrigação, com a conseqüente substituição do sistema de aspersão convencional, pelos sistemas de alta frequência (micro-aspersão e gotejamento) haverá também uma melhora considerável na qualidade da irrigação, com um aumento da produtividade agrícola do perímetro.

Será necessário colocar mecanismos de redução de pressão nas entradas das parcelas irrigadas, principalmente naquelas situadas em posições favoráveis do setor (próximas da estação de bombeamento ou posicionadas em locais de cotas mais baixas).

REFERÊNCIAS

- CLEMENT, R.; GALANT, A. (1986). *El Riogo por Aspersión*. Editores Técnicos Asociados. S. A. Barcelona, España.
- ENCO-TAJAL (1981). *Relatório nº2, volume IV – Projeto Massangano, O Plano Agrícola e os Sistemas de Irrigação*. Petrolina, Brasil.
- ENCO-TAJAL (1983). *Relatório nº9 - Critério de Desenho para Irrigação por Aspersão*. Petrolina, Brasil.
- ENCO-TAJAL (1985). *Situação de Alguns Problemas Existentes e Sugestões no Projeto Nilo Coelho (Ex Massangano)*. Relatório técnico elaborado pelos engenheiros Jack Lupovici e Yehezkel Cohen. Brasília, Brasil.
- FERREIRA, M. N. L. (1995). *Avaliação Técnica do Sistema de Irrigação por Aspersão no Perímetro Nilo Coelho*. Distrito de Irrigação do PNC, Petrolina, Brasil.
- GOMES, H. P. (1996). *REDES: A software for for Optimum Design of Irrigation Pipeline System*. Sixth International Conference on Computers in Agriculture. Cancun, Mexico.
- GOMES, H. P. (1997). *Desempenho Hidráulico da Irrigação do Setor 14/1 do Perímetro Nilo Coelho*. Relatório de Consultoria Técnica, Petrolina, Brasil.
- GOMES, H. P. (1999). *Engenharia de Irrigação, Hidráulica dos Sistemas Pressurizados: Aspersão e Gotejamento*. Terceira Edição, p. 412. Editora Universitária da UFPB, João Pessoa, Brasil.
- GRANADOS, A. (1991). *Infraestructura de Regadíos – Redes Coectivas de Riego a Presión*. Servicio de Publicación de la ETSI de Caminos de la Universidad Politécnica de Madrid.
- OPH ENGENHARIA S/C LTDA (1987). *Diagnóstico do Sistema de Irrigação do Perímetro Nilo Coelho*. São Paulo, Brasil.

Hydraulic and Agricultural Performance in the Nilo Coelho Irrigation District

ABSTRACT

The main goal of this paper is to present the discussion and the results of the hydraulic and agricultural performance of pressurized irrigation in the Nilo Coelho District.

The Nilo Coelho irrigation district is located near the city of Petrolina, in the state of Pernambuco, Northeastern Brazil, on the banks of São Francisco river.

It is currently the largest irrigated perimeter cultivated in Brazil, with an area of almost twenty thousand hectares.

The Nilo Coelho irrigation district has had serious water supply problems. The head and discharges at the intake points of the irrigations systems have not attained the expected values.

The Granados Method for economic optimization was used to size the branched networks of the district sectors.

The results of this paper show that the main problems found in the Nilo Coelho district are simply due to technical flaws in the executive project and in the irrigation schedule.

Key-words: irrigation; optimization.