

Projetos de irrigação: uma nota metodológica sobre a determinação de sua eficiência relativa e de sua rentabilidade

Juan Hersztajn Moldau*

O objetivo principal deste estudo é mostrar que no caso de projetos de irrigação devem-se distinguir as noções aqui sugeridas de custo virtual e custo efetivo. O primeiro seria aplicável para uma análise comparativa de eficiência, e o segundo seria empregado para a avaliação de projetos. Este estudo pode ser interpretado como aplicação das noções de processo parcial e de função de produção como expostas por Georgescu-Roegen. Assim, é dado destaque à distinção que deve ser feita entre os processos de produção de irrigação e de produção agrícola com irrigação. Ao mesmo tempo, argumenta-se que, para uma análise de eficiência relativa, o produto da atividade de irrigação seria preferencialmente representado por uma medida de vazão. Enquanto as condições potenciais de operação dadas pela planta do projeto são relevantes para uma medida não-ambígua de custo, denominada custo virtual, as condições efetivas de funcionamento são as que contam para definição do custo efetivo, por sua vez relevante numa análise de viabilidade econômica de um projeto de irrigação. Por outro lado, somente nesta última seria necessário identificar o cultivo, objeto do processo de produção agrícola.

1. Introdução; 2. Conceitos básicos; 3. A função de produção de irrigação; 4. A função de custo virtual de irrigação; 5. O custo efetivo e a avaliação de projetos de irrigação; 6. Conclusão.

1. Introdução

Projetos de irrigação apresentam peculiaridades que fazem com que a aplicação do instrumental de análise econômica tenha que ser feita de forma particularmente criteriosa. A primeira característica que distingue os projetos de irrigação é que seu produto não conta com um mercado organizado para sua comercialização. Isto é, a irrigação é uma atividade necessariamente acoplada à de produção agrícola. O segundo atributo está ligado às próprias características dos processos de irrigação e produção agrícola. Enquanto o processo de irrigação não está associado a um período predeterminado de produção, a agricultura está, como sabemos, condicionada pelo clima. Assim, a demanda de água exercida em relação aos sistemas de irrigação é normalmente variável ao longo do tempo. Se o objeti-

* Este estudo foi desenvolvido a partir de um trabalho de pesquisa financiado pelo PRONI – Min. da Agricultura. O autor agradece os comentários e sugestões feitas por dois pareceristas anônimos.

vo do analista é determinar a eficiência relativa de determinado projeto de irrigação, será preciso lançar mão de um conceito de custo que poderá ser diferente daquele a ser empregado numa análise de viabilidade econômica. Isto é, para uma análise de eficiência relativa de projetos de irrigação será necessário encontrar um conceito de custo que seja independente da escolha do produto agrícola de cuja produção a irrigação será um insumo. Portanto, deve ser invariante com respeito às condições efetivas de operação que, entre outras, incluem as climáticas. Por outro lado, esta medida não-ambígua de custo não deve deixar de considerar as condições locais que, certamente, afetam o custo de um projeto de irrigação.¹

Numa análise de viabilidade econômica de projetos de irrigação, é preciso utilizar um conceito de custo que leve em conta o produto que empregará a irrigação como insumo. Ao mesmo tempo, será necessário que esta medida de custo incorpore as condições efetivas de funcionamento do projeto de irrigação.

O objetivo principal desta nota é sugerir o que denominaremos custo virtual, que deverá ser uma medida não-ambígua de custo, apta a permitir uma apreciação da eficiência de dado projeto de irrigação em comparação com outros. Em contraste com esta noção de custo, será proposta a de custo efetivo, que deverá servir para a realização de uma avaliação econômica de projetos de irrigação.

O principal instrumento analítico a ser empregado neste estudo é a noção de processo parcial e o resultante conceito de função de produção atribuídos a Georgescu-Roegen (1971). A diferença entre o que denominaremos de custo virtual e custo efetivo pode ser, então, atribuída a uma diferença importante entre o processo de produção de irrigação e o de produção agrícola ao qual o anterior está associado. Enquanto o primeiro pode ser interpretado como uma composição de processos elementares colocados em linha, o segundo requer que os processos elementares sejam colocados em paralelo (lembrando que o processo elementar corresponde à produção de uma unidade de produto). Isto é, no processo agrícola, as diversas tarefas em que este é subdividido não podem ter seu início deslocado para uma origem comum. Como o processo de irrigação é acoplado ao de produção agrícola, a descrição do custo efetivo de irrigação estará baseada no perfil temporal definido pelo particular processo agrícola ao qual o processo de irrigação está ligado.

O cálculo do custo virtual de irrigação, por sua vez, deve ser independente do processo agrícola, para propiciar uma medida não ambígua de custo. Isto sugere, de acordo com o modelo de análise de Georgescu-Roegen, que a fronteira imaginária traçada para definir o processo parcial, objeto de análise, circunscreva apenas a atividade de irrigação, ao contrário do que deve suceder quando se pretende obter o custo efetivo de irrigação. Neste caso, aquela fronteira deve circunscrever a atividade agrícola como um todo.

Neste trabalho será abordada, inicialmente, na seção 2, a questão relativa à definição do produto da atividade de irrigação e dos seus principais insumos. Na seção 3, a discussão está voltada para a escolha do modelo teórico julgado mais apropriado para descrever a atividade de irrigação. A seção 4, por sua vez, é de-

¹ A determinação de critérios para aferir a eficiência relativa de projetos de irrigação poderia ser útil, por exemplo, para comparar projetos de iniciativa pública e privada; projetos de diferentes países e regiões, projetos distintos segundo seu tamanho (ver Aguirre et alii, 1989).

dedicada à descrição da função de custo virtual proveniente da formulação da função de produção escolhida anteriormente. Na seção 5 será abordada a questão da avaliação, propriamente dita, de projetos de irrigação, a partir da noção de custo efetivo. A última seção apresentará então as principais conclusões do presente estudo.

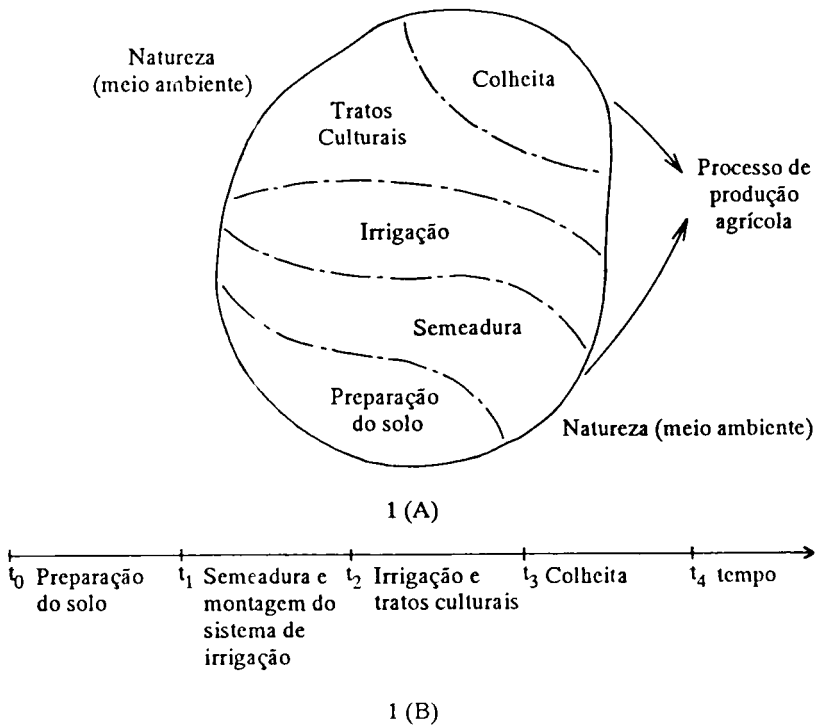
2. Conceitos básicos

O primeiro ponto a destacar é a necessidade de distinguir claramente os conceitos de agricultura irrigada e irrigação. Esta separação corresponde à delimitação da atividade de irrigação como apenas um componente da atividade de produção agrícola. Isto corresponde ao ponto levantado por Georgescu-Roegen (1971) em sua análise da noção de processo parcial. Segundo este autor, qualquer processo de mudança, incluindo-se aí o de produção, requer para sua definição a especificação precisa de sua fronteira analítica em relação ao meio em que ocorre e em relação ao tempo.

Na análise de um processo de produção agrícola poderíamos traçar uma linha divisória imaginária, separando todas as ações e acontecimentos relativos às diversas etapas da produção agrícola do seu ambiente. A figura 1 apresenta um quadro esquemático, cuja finalidade é demonstrar de maneira ainda grosseira o princípio envolvido. Assim, a fronteira descrita na figura 1(A), em linha cheia, registra a introdução de qualquer insumo empregado na produção agrícola em qualquer etapa. Esta fronteira registra, ao mesmo tempo, a passagem daqueles elementos que são expelidos a partir do processo de produção agrícola. Entre estes destaca-se o próprio produto agrícola, o qual é o principal motivador da colocação em marcha daquele processo. Enquanto um quadro completo incluiria virtualmente todos os elementos que fisicamente "cruzam" a fronteira num ou noutro sentido, o interesse do analista poderá estar restrito a apenas um subconjunto de elementos. A inclusão ou não de determinado item poderá depender efetivamente do ponto-de-vista de análise empregado. Assim, enquanto o produtor agrícola poderia excluir de consideração detritos poluentes, o mesmo não se justificaria se o ponto-de-vista de análise fosse mais amplo. De qualquer forma, definida a fronteira pela linha cheia, não seriam levados em conta os movimentos verificados através das fronteiras representadas pelas linhas pontilhadas. Por outro lado, alguns destes movimentos poderiam refletir nosso interesse específico. Poderíamos, então, desta forma, representar a atividade de irrigação em contraste com as outras atividades incluídas no processo de produção agrícola e em oposição ao meio ambiente. O mesmo ocorre com relação à fronteira temporal, cuja definição depende da amplitude do processo examinado, conforme apresentado na figura 1(B).

Portanto, restrito o interesse do observador à atividade de irrigação, a fronteira relevante é a que a circunscreve em contraste com o meio ambiente e, inclusive, em relação às outras atividades incluídas na descrição do processo de produção agrícola. A "produção" de irrigação e os custos correspondentes devem, portanto, fazer referência apenas e tão-somente aos insumos empregados direta e indiretamente nesta atividade e ser associados a alguma medida de produção de irrigação.

FIGURA 1



As questões que então cabem discutir inicialmente dizem respeito à definição da variável representativa da produção de irrigação e, principalmente, ao fato que os insumos empregados na atividade de irrigação pertencem a categorias que devem ser claramente separadas numa análise econômica.

A atividade de irrigação tem como objetivo principal suprir as necessidades de água na zona das raízes das plantas, de forma a possibilitar a maior produção possível (Withers & Vipond, 1977). Considerando-se a terra como suporte físico do processo de produção agrícola, pode-se de fato interpretar a oferta de água pela atividade de irrigação como a produção de um insumo que será transformado, juntamente com outros, no produto agrícola que é objeto da atividade de produção agrícola.² Sendo esta a forma escolhida para definir o produto da atividade de irrigação, permanecem algumas dificuldades associadas à forma pela qual a água seria suprida. Isto se deve a que o efeito da irrigação em relação à produção agrícola depende do mecanismo de distribuição de água, assim como da intensidade de seu suprimento e distribuição ao longo do tempo.

² Esta não é a única maneira de definir o produto da atividade de irrigação. Um procedimento alternativo seria o de considerar aquele como causador de uma transformação nas características físicas do fator terra, transformando terra nua em irrigada.

Isto significa, portanto, que é necessário estar atento à distinção que deve ser feita, neste caso, entre variações quantitativas e qualitativas ao analisar o processo de irrigação. Não basta utilizar como medida a quantidade total de água fornecida em certo intervalo de tempo. Diferentes métodos de irrigação podem ser empregados de modo a gerar um determinado nível acumulado de suprimento de água em determinada área. Seus efeitos, contudo, em relação à produção de diferentes cultivos, podem ser francamente divergentes.

Em uma primeira aproximação pode-se tomar a vazão de entrega como variável básica para expressar o produto da atividade de irrigação. Seria suficiente especificar as outras variáveis que determinariam a escolha do método de irrigação e suas condições de operação, como aquelas referentes aos atributos físicos do solo e localização da fonte de água. A identificação do modelo de irrigação (aspersão, sulco, gotejamento, pivô central, etc.) poderia, em princípio, ser ignorada sempre que afetar unicamente a quantidade de água. Não sendo este o caso, porém, seria necessário distinguir diferentes métodos de irrigação, na medida em que tiverem efeitos diferenciados sobre os tratamentos culturais e o resultado da exploração de cada cultivo. A rigor, portanto, seria necessário interpretar cada método de irrigação como qualitativamente diferente dos demais. Sendo assim, comparações de requisitos e custos entre diferentes projetos somente poderiam ser efetuadas para um dado método. Por conseguinte, na medida em que mudanças no método empregado afetem a produção agrícola, seria necessário especificá-lo para definição do produto da atividade de irrigação.

Como já foi indicado, é preciso ter cuidado ao comparar os custos de diferentes projetos de irrigação. Esta cautela é necessária para evitar conclusões errôneas a respeito de qual sistema é o mais eficaz. O primeiro cuidado na determinação do custo de dado projeto de irrigação deve ser o de incluir todos os elementos que, direta ou indiretamente, estão envolvidos na atividade de irrigação. Há que considerar os chamados fatores fixos, variáveis e, inclusive, os de uso múltiplo. Cada um destes itens de custo tem peculiaridades próprias e desempenha um papel distinto no processo de produção de irrigação.

Uma tarefa sem dúvida essencial é a de distinguir os chamados fundos de serviços dos fluxos de insumos correntes. Os fundos de serviços, que são os agentes do processo, têm a característica de "cruzarem" a fronteira analítica do processo em ambos os sentidos. Em outras palavras, os fundos têm o atributo de não serem consumidos nem produzidos pelo processo. Logo, eles entram e saem sem praticamente sofrer qualquer alteração qualitativa. Por outro lado, sua utilização demanda tempo. Não se pode consumir integralmente qualquer fundo de forma instantânea. Esta caracterização aplica-se perfeitamente ao caso da terra ricardiana. Esta é entendida como suporte inanimado da atividade econômica. Sendo assim, não sofre mudança qualitativa, ao contrário da terra quando interpretada como incluindo os seus elementos nutritivos, os quais são evidentemente esgotáveis. Considerando a terra ricardiana, estes últimos elementos seriam enquadrados como insumos correntes que seriam consumidos ao longo do processo. A descrição deste tipo de insumo virá mais adiante. Neste trabalho, consideraremos a terra ricardiana como fator de produção da atividade de irrigação. É interessante observar que a terra também é um fator de produção nos outros subprocessos,

como os de tratos culturais e colheita. A terra "entra" e "sai" em todos estes subprocessos da mesma forma que a terra entra e sai do processo de produção agrícola entendido como unidade de análise. Esta propriedade da terra de ser um agente nos demais subprocessos e, portanto, no próprio processo de produção agrícola tem implicações significativas quando se tratar da determinação do custo de irrigação em oposição ao custo dos outros subprocessos e do processo global de produção agrícola. Como veremos adiante, será necessário incorporar na análise a noção de fator de uso múltiplo para determinar o custo associado ao emprego da terra.

Um outro elemento que também pode ser enquadrado como fundo de serviço é o capital fixo. Assim, as edificações e máquinas podem ser consideradas agentes imutáveis, desde que se leve em conta a existência de um fluxo de manutenção. Este tem a atribuição específica de garantir a permanência das características básicas que permitem um funcionamento igualmente eficiente daqueles elementos. É exatamente este item que permite que fatores que sofrem a ação do tempo e do uso se mantenham qualitativamente inalterados (Georgescu-Roegen, 1971, p. 229-30). No caso do processo de irrigação, isto vale para itens como bombas, canais, aspersores, etc. Os insumos utilizados na manutenção das máquinas seriam fluxos consumidos no próprio processo de irrigação. O mesmo sucede com os outros fluxos que, segundo nosso quadro analítico, apenas entram no processo sendo nele consumidos. É o caso da água e da energia elétrica. A mão-de-obra, conforme Georgescu-Roegen (1971), seria considerada um fundo e, dessa forma, equiparada à terra ricardiana e ao capital fixo. A determinação do valor absoluto dos custos, assim como a comparação de custos de diferentes projetos de irrigação, é certamente sensível ao perfeito enquadramento dos itens de custo, como fundos ou fluxos do processo. É preciso também enquadrar como fundo a água em processamento. Isto é, a água em circulação no sistema de irrigação e que permite o início de sua produção assim que é ativado.

Em resumo, podemos afirmar que, antes da determinação dos custos da atividade de irrigação, é necessário proceder a uma cuidadosa classificação de seus principais insumos. Assim deve ser feita também a distinção entre fatores específicos de irrigação e fatores de uso múltiplo. Estes últimos seriam insumos em outros subprocessos da produção agrícola ou mesmo de outras atividades inteiramente distintas. O exemplo típico desta classe de insumos são as barragens, que, a par de suprirem água para irrigação, fornecem energia para geração de eletricidade, servindo também para regularizar cursos de água. Há ainda o exemplo da terra que, como foi visto, é um insumo de todas os subprocessos de produção agrícola. É o caso também de estradas e caminhos de acesso, cercas, etc. No conjunto de fatores específicos de irrigação podem ser listados: aspersores, canais e tubulações, pivôs centrais; bombas de sucção, água, energia elétrica; trabalhadores alocados especificamente para desenvolver ações de irrigação.

Como não poderia deixar de ser, o fator mais importante na determinação dos custos associados à atividade de irrigação é a terra. Neste particular, é útil lembrar que, para efeito da análise econômica, quaisquer diferenças qualitativas julgadas relevantes para o problema em questão devem ser consideradas. Nem sempre é fácil encontrar uma especificação precisa para certo fator. Para permitir

uma operacionalização mais adequada, é normalmente feita a suposição de um número finito de atributos. Em consequência, é ainda preciso encontrar um limite para pequenas alterações qualitativas que não impeçam a delimitação precisa dos atributos como formas consideradas homogêneas. No caso específico da terra, é necessário levar em conta diferenças como as referentes ao tipo de solo, topografia e proximidade de manancial de água. Dessa forma, uma unidade de terra de certo tipo, seja arenoso ou não, com certa declividade, cota, distância em relação à fonte de água, será um fator qualitativamente distinto de uma unidade de terra que seja diferente da primeira, conforme pelo menos um destes atributos. Como estas características da terra são essenciais para definição do próprio sistema de irrigação, assim como da necessidade de outros insumos, devem ser importantes para determinação do custo de irrigação e, por conseguinte, devem ser explicitamente especificadas.

Uma questão fundamental tem a ver com a consideração ou não das condições climáticas e do tipo de cultivo. Na medida em que estes elementos condicionem apenas a quantidade requerida de água, não deveriam ser considerados explicitamente na determinação do custo virtual de irrigação. Isto sucede porque apenas a avaliação dos custos efetivos será sempre associada à quantidade demandada de água, a qual será, por sua vez, determinada pelo déficit hídrico, por sua vez condicionado pelas condições físicas do solo, condições climáticas e, principalmente, pelo tipo de cultivo. Sendo assim, a exemplo do que ocorre com qualquer função de custo, a relação entre custo e quantidade de água deverá ser uma associação a ser estudada qualquer que seja a demanda específica de água para irrigação. Como veremos a seguir, o custo virtual, associado a determinado modelo de irrigação, refere-se à vazão potencial, à área irrigada, ao vetor de preços de fatores e às condições locais. O tipo de cultivo somente será relevante para análise das condições de demanda de irrigação. A especificação do cultivo desempenha um papel significativo apenas quando se considera a determinação do custo efetivo, a ser empregado no estudo da viabilidade econômica de um projeto de irrigação. Esta questão será retomada na seção 5.

3. A função de produção de irrigação

A função de produção neoclássica apresenta a relação técnica entre quantidades de serviços de fatores e a quantidade máxima de produto correspondente. Implícita está a hipótese de que é feito uso do conhecimento técnico disponível. Desta forma, para cada combinação de fatores, presume-se a obtenção da quantidade máxima possível do produto em questão. Uma característica importante da função de produção neoclássica é que não leva em conta explicitamente o tempo (Georgescu-Roegen, 1971). Isto significa que esta formulação é incapaz de incorporar a questão da especificação do processo de produção. Como a intensidade da demanda condiciona a escolha ou não do método fabril de produção, em oposição ao artesanal, o custo associado a dado nível de produção dependerá, na realidade, do intervalo de tempo. Em outras palavras, em lugar da seguinte expressão:

$$C = c(Q,P) \quad (1)$$

onde:

C = custo

Q = quantidade do produto

P = vetor de preços dos fatores

deveríamos ter

$$C = c(Q,P,t) \quad (2)$$

onde t = intervalo de tempo

A escolha do método de produção é diretamente influenciada pela definição do intervalo de tempo em que determinada quantidade do produto deverá ser gerada. O método fabril com subdivisão de tarefas e alta intensidade de uso de capital requer altos níveis de produção por unidade de tempo. Para níveis menores de produção por unidade de tempo poderá ser mais indicado o emprego de técnicas artesanais. Portanto, o custo de produção não pode, a princípio, ser dissociado do fator tempo.

Como "a irrigação destina-se a transferir a água de um sistema de condutos ou canais para a camada do solo que contém as raízes das plantas",³ constitui-se num processo de transformação. Isto acontece porque a água disponível em reservatórios ou canais é um bem qualitativamente distinto da água colocada junto às raízes das plantas. Se a disponibilidade de água junto às raízes pudesse ser medida sem dificuldade, estaria cumprido um primeiro requisito importante para definição precisa do produto da atividade de irrigação. O outro seria a especificação da distribuição da água no tempo. Isto decorre do fato de que qualquer bem disponível em períodos distintos se constitui em um bem distinto.⁴ Mesmo assim, seria necessário levar em conta também possíveis diferenças quanto às próprias características físicas da água. É concebível que diferentes sistemas de irrigação forneçam água qualitativamente distinta. Isto ocorre particularmente quando se adicionam fertilizantes à água. Logo, se o produto da irrigação pudesse ser identificado como água de determinado tipo, disponível junto às raízes das plantas ao longo de certo intervalo de tempo, não seria necessário especificar o método de irrigação, seja para representar a função de produção de irrigação, seja para expressar sua função de custo. Para cada nível de suprimento de água de certo tipos seriam sempre representados, de um lado, o conjunto de técnicas existente (função de produção), de outro, aquele particular método que aos preços observados dos fatores implique o menor custo.

A função de produção seria então representável da seguinte forma.⁵

$$W^A.t = f(K, t, H_r^{-1}, L_{i,j,k,l}^{-1}, W'; E; W; t) \quad (3)$$

³ Withers e Vipond (1977, p.25).

⁴ Ver Debreu (1959, p.29).

⁵ Veja Hersztajn Moldau, J. (1989).

onde:

W^A = quantidade de água por unidade de área, para perímetro de área igual a A , por unidade de tempo;

K = vetor das quantidades de equipamentos, edificações, cercas, canais, etc.

H_r = quantidade de trabalhadores do tipo r ;

$L_{i,j,k,l}$ = área de terra com tipo de solo i , declividade j , cota k , distância l da fonte de água;

E = quantidade de energia elétrica;

W = quantidade de água;

W' = quantidade de água em processamento (para permitir o funcionamento imediato do sistema);

t = intervalo de tempo.

Na prática, sabemos ser quase impossível identificar a quantidade de água levada às raízes. Isto significa que, medindo-se o produto de irrigação em termos da vazão de água, deveremos ao mesmo tempo especificar o método de irrigação.

Considerando, portanto, os métodos de irrigação (aspersão, gotejamento, etc.), teríamos:

$$W_m^A \cdot t = F_m(K, H_r, L_{i,j,k,l}, W'; E, W; t) \quad (4)$$

onde:

W_m^A = quantidade de água por u . da área para perímetro de área A , por u . de tempo, segundo método m .

A variável W_m^A deve fazer referência à área do perímetro de irrigação, dada a possibilidade de haver retornos crescentes ou decrescentes em relação ao tamanho daquele perímetro. Somente se estivesse garantida a existência de retornos constantes em relação ao tamanho do perímetro de irrigação poderíamos deixar de mencioná-lo. Neste caso, bastaria indicar a função de produção para irrigação de uma área qualquer, então tomada como unidade de medida de área.

Como foi mencionado acima, a variável t deve ser incluída explicitamente. Isto se justifica pela necessidade de distinguir quantidades de serviços dos fundos em termos de sua maior ou menor intensidade de suprimento. Não é indiferente dispor de 100 homens por uma hora ou um homem por 100 horas. Em ambos os casos, porém, a quantidade total de serviços de mão-de-obra é dada por 100 homens/hora. Da mesma forma, um determinado volume de água entregue pelo processo de irrigação terá efeito distinto em relação à produção de certo cultivo, dependendo da intensidade de suprimento da água. Por outro lado, o próprio custo de suprimento de certo volume de água será variável em função do intervalo de tempo ao longo do qual aquele volume será distribuído. Isto pode ser atribuído ao fato de que a própria especificação da técnica da produção e dos fatores dependerá do intervalo de tempo considerado.

A expressão (4) é semelhante à representação analítica de processos de produção fabril. Estes, como sabemos, são caracterizados pela possibilidade de iniciar simultaneamente todas as etapas ou subprocessos. A função de produção seria homogênea de grau um com relação a todas as variáveis, inclusive t . Em conse-

quência, a variável dependente poderia ser interpretada como sendo dada por uma medida de volume. Fazendo-se t tender à unidade, teríamos uma medida de vazão de entrega de água. Haveria, então, a princípio, uma relação biunívoca entre a vazão e o volume de água aplicado em determinado intervalo de tempo. Na prática, sabemos que os projetos de irrigação não funcionam efetivamente com uma vazão constante. A variação da vazão ao longo do tempo está na dependência da especificação do método de irrigação empregado e da demanda. Na medida em que tal variação de vazão seja significativa, a aplicação da expressão (4) teria que ser feita com certas precauções. Seria o caso de reescrever a expressão (4) da seguinte forma:

$$W_m^A = F_m(K, H_r, L_{i,j,k,l}, W'; E; W) \quad (5)$$

A expressão (5) corresponderia à noção exposta inicialmente de que o produto da atividade de irrigação seria preferencialmente dado em termos de uma medida de vazão. Sendo o processo de irrigação caracterizado pelo conceito de vazão, os diferentes níveis desta poderiam implicar mudanças na composição de fatores e inclusive alterações qualitativas nestes.

A expressão (5) correspondente à vazão máxima seria empregada, como veremos adiante, para determinação do custo virtual associado a certo projeto de irrigação.

Havendo variações no nível de vazão ao longo do tempo, qual seria a maneira correta de representar a operação efetiva de determinado processo de irrigação? Aparentemente, seria o caso de reconstituir a expressão (5) para cada nível hipotético de vazão. Evidentemente, esta solução seria incorreta porque os processos de geração dos diversos níveis de vazão não seriam independentes. É razoável supor, então, que o projeto de irrigação seria, pelo menos em parte, definido pela sua vazão máxima. Esta condicionaria não apenas a escolha do método como também a própria especificação dos fundos de serviços (equipamentos, mão-de-obra). Segue-se que reduções do nível efetivo de vazão estariam associadas simplesmente com diminuições correspondentes na utilização de insumos correntes como água e energia elétrica. A descrição da intensidade efetiva de condução da atividade de irrigação em certo período exigiria, portanto, a especificação de cada nível de vazão. Correspondentemente ao nível máximo de vazão, seria estabelecida uma expressão como (5). Para os outros níveis de vazão, os quais seriam menores, se especificariam relações semelhantes, mas com a definição dos fundos como mão-de-obra, capital e terra, idênticos àqueles incluídos na definição da função especificada para a vazão máxima. A descrição completa da operação efetiva de dado processo de irrigação requereria subdividir o tempo em subintervalos, cada qual associado a um particular subprocesso definido por certo nível de vazão. Como, entretanto, estes subprocessos não são independentes, os fundos seriam todos determinados pelo subprocesso de produção de vazão máxima. Este seria então o ponto de partida para determinação do custo efetivo associado a determinado projeto de irrigação.

4. A função de custo virtual de irrigação

A partir da função de produção (5), pode-se determinar uma função de custo virtual como a que se segue:

$$\begin{aligned} \text{Custo/método m/u. da área/u. de tempo} &= C_m(W^A_m, P) \\ &\text{/ u. de tempo / método m} \end{aligned} \quad (6)$$

onde P é o vetor de preços dos fatores.

A função (6) pressupõe que sejam empregados os fatores mais adequados, considerando seus respectivos preços. Entre aqueles deve ser destacado o fator terra. Logo, está implícita a utilização do tipo de solo, declividade, cota, distância em relação à fonte de água, etc., mais apropriados, para irrigação de cada área com certa intensidade. Ocorre, entretanto, que os programas de irrigação que podem ser implantados não permitem esta liberdade na escolha das características do fator terra, mesmo porque estas estão ligadas ao processo agrícola que foi colocado em marcha. Daí ser necessário considerar que a especificação do fator terra é dada. A escolha dos outros fatores cooperantes deve ser condicionada, pelo menos em parte, pelas características específicas da terra a ser irrigada. Segue-se que a função de custo deverá ser reescrita como se segue:

$$\begin{aligned} \text{Custo/u. de área/u. de tempo} &= C_m(A, W, i, j, l, k, P) / \text{Custo/} \\ &\text{método m/u. da área/u. de tempo} = \end{aligned} \quad (7)$$

onde:

i = tipo de solo, $i = o$ (arenoso), $i = I$ (não arenoso)

j = declividade

k = cota (m)

l = distância (m) em relação à fonte de água

A = área irrigada (ha)

W = quantidade de água em $m^3/ha/u.$ de tempo.

Convém observar que o tempo somente foi omitido nas expressões (6) e (7), porque o produto da atividade de irrigação foi definido em termos de uma medida de vazão.

Admitindo uma vazão constante, poderíamos relacionar uma medida de volume de água com as outras variáveis independentes especificadas em (7), acrescentando entretanto da variável tempo. Como já foi mencionado anteriormente, esta forma de expressar o custo da atividade de irrigação pressupõe que esta seja exercida continuamente e num ritmo uniforme. Como se sabe, dificilmente estas condições poderiam ser cumpridas na prática. Isto, entretanto, não impede que um período qualquer seja escolhido para simplesmente propiciar um padrão uniforme para comparação de diferentes projetos de irrigação. De modo geral, a determinação não-ambígua de custos implicará os seguintes cuidados:

1. Consideração dos custos de investimentos e de operação e manutenção.
2. Ao comparar custos de diferentes projetos de irrigação, levar em conta os condicionantes locacionais e os associados às características físicas e topográficas do solo.
3. Tomar precauções no sentido de levar em conta que unicamente os custos efetivos de diferentes projetos de irrigação podem ser influenciados por cultivos específicos.

O primeiro ponto tem a ver com o erro muito freqüente de comparar projetos com base unicamente no custo de implantação. Na medida em que custos mais baixos de implantação podem estar associados a custos mais elevados de operação e/ou de manutenção, decisões baseadas apenas na comparação dos primeiros poderão ser errôneas. Sendo assim, o custo deverá incluir todos os elementos relevantes. Há duas maneiras alternativas básicas para determinação dos custos. A primeira seria calcular o valor atual do custo de utilização de todos os fatores relevantes ao longo da vida útil do projeto. Isto corresponde à adição do valor atual do custo de investimento, considerando resolvida a questão de alocação do custo de fatores de uso comum, com o valor presente de todos os fluxos de custos de aquisição dos insumos correntes e utilização de serviços de mão-de-obra. Um problema associado a esta solução é que os custos operacionais e de manutenção poderão ser influenciados pelo(s) tipo(s) de cultivo(s) em que o sistema de irrigação estiver sendo utilizado, assim como pelo nível de intensidade do processo de produção agrícola. Esta dificuldade poderá ser contornada assumindo-se que a operação se dê com vazão máxima. Embora isto não corresponda ao custo efetivo, representar a capacidade potencial do sistema permite uma medida não-ambígua de custos que nós estamos representando através do termo custo virtual, e que é apta a permitir comparações significativas. A segunda maneira de determinar os custos implica a escolha de uma unidade-padrão de tempo. Dessa forma, o custo seria associado ao ano, mês ou qualquer outra unidade de tempo. Esta forma equivale à outra desde que se suponha que o processo de irrigação funcione de modo uniforme e ao nível de sua capacidade durante sua vida útil. Esta modalidade, tanto quanto a outra, requer a especificação de uma taxa de desconto que deveria representar o custo de oportunidade do capital. Esta taxa de desconto, por outro lado, terá que ser assumida constante, para permitir a definição de um custo periódico uniforme. O principal cuidado na determinação do custo periódico tem a ver com o custo do investimento. Sua distribuição para a unidade de tempo considerada envolve o cálculo da remuneração do capital, que deve ser acrescida à depreciação do capital, ambas sendo proporcionais à unidade de tempo escolhida.

Uma questão importante à qual já foi feita referência diz respeito ao possível efeito dos cultivos específicos em relação ao custo de projetos de irrigação. Num análise de eficiência relativa, deve-se sempre procurar medidas de custos que não sejam afetadas por este elemento. Como os custos operacionais de um sistema específico serão afetados pelo tipo de cultivo, não é demais repetir que a única forma de contornar este problema é estabelecer a medida de custo fazendo referência a uma vazão potencial constante ao longo do intervalo de tempo esco-

lhido. É preciso, além disto, tomar precauções adicionais com relação à definição do produto da atividade de irrigação. Além de ser necessário adotar uma medida de vazão para representá-lo, deve-se, como foi visto, proceder à identificação do sistema básico de irrigação. Isto, entretanto, poderá ser insuficiente. Seria então necessário especificar não apenas os sistemas básicos de irrigação (gravidade, aspersão, gotejamento, etc.) como eventualmente também características como espaçamento, número de saídas de água por unidade de área, tipos de aspersores, etc.

A expressão (7) seria aplicada a cada modelo de irrigação, especificando-se também suas características secundárias:

$$C_{m,n/u. \text{ de área/u. de tempo}} = C_{m,n(A,W,i,j,l,k,P)} \quad (8)$$

onde m = sistema de irrigação (aspersão [1], sulco [2], gotejamento [3], pivô central [4],...), n = características de cada sistema (espaçamento ou concentração de saídas de água, etc.).

Os índices explicitados na equação (8) podem ser em número maior do que dois. Tudo irá depender do número de características relevantes em cada caso.

Cabe ainda fazer uma observação a respeito do preço da terra, que seria incluído na especificação do vetor P . Como foi mencionado na seção 2, a terra é um dos fatores de uso múltiplo do processo de irrigação.⁶ Surge, portanto, a questão de se alocar ou não parte de seu custo para a atividade de irrigação. A resposta deverá ser negativa, dado que a área de terra destinada à atividade de irrigação é determinada em todos os casos pela atividade de produção agrícola. Como, por outro lado, a irrigação é, a exemplo da própria terra, um insumo na produção agrícola, embora não conte com um mercado específico, o custo da terra deve ser totalmente atribuído ao processo de produção agrícola. Dificuldades mais sérias surgem quando se trata de imputar o custo associado a outros fatores de uso múltiplo. Este é o caso, por exemplo, do custo de barragens que geram benefícios para atividades que nada têm a ver com a produção agrícola.

Casos como esse podem ser tratados com a utilização de métodos que foram desenvolvidos com esta finalidade (ver Eckstein, 1958). A situação mais simples de ser analisada ocorre quando se pode indicar o uso que terá prioridade máxima. Este deverá contabilizar integralmente os custos correspondentes ao fator de uso múltiplo. No nosso exemplo, se for considerado que o uso prioritário da barragem é a geração de eletricidade, então nada seria atribuído à atividade de irrigação por conta do uso da barragem. Considerações semelhantes podem ser feitas quando se trata de cercas, estradas, redes de energia elétrica, etc., que seriam construídas de qualquer forma por causa da atividade agrícola em que o projeto de irrigação está inserido.

⁶ Ver Eckstein (1958), para descrição de diversos métodos para alocar o custo de fatores de uso múltiplo.

5. O custo efetivo e a avaliação de projetos de irrigação

A questão da avaliação de sistemas de irrigação apresenta peculiaridades que a distinguem claramente do problema de determinação de sua eficiência relativa e, portanto, de seus custos virtuais. A avaliação de um projeto de irrigação não pode ser dissociada do cultivo em que aquele está inserido. A decisão de implantar um particular modelo de irrigação e sua escolha em relação a sistemas alternativos requer que se considere o processo parcial da produção agrícola como um todo. Em termos da figura 1 exige que a fronteira a considerar seja aquela em linha cheia. Caberá, por conseguinte, empregar a conhecida metodologia de análise custo/benefício. Em outras palavras, seria feita a comparação de custos e benefícios de um processo de produção agrícola com e sem determinado sistema de irrigação. Dado certo critério como a taxa interna de retorno ou valor atual líquidos seria escolhido o modelo de irrigação que apresentasse o maior valor do indicador escolhido. Aquele, por outro lado, seria implantado desde que apresentasse uma taxa interna de retorno superior ao custo de oportunidade do capital ou, simplesmente, um valor atual líquido positivo. É importante notar que esta mudança de enfoque quanto à consideração do cultivo, quando se passa de uma análise de custo virtual para uma análise custo/benefício de projetos de irrigação, resulta de um fato básico que não pode ser desprezado. Este diz respeito ao fato de que não existe um mercado organizado para o produto da atividade de irrigação. Portanto, dificilmente se poderia imaginar a instalação de um projeto de irrigação totalmente dissociado do projeto de produção agrícola para o qual destinará seu produto.

A utilização de uma fronteira a circunscrever a atividade de irrigação é um artifício analítico para isolar os elementos relevantes para a análise do processo de produção de irrigação. O produto desta atividade não é, entretanto, reconhecido como tal pela organização dos mercados. E nem poderia ser diferente, porque a irrigação é, por suas características físicas, uma atividade ligada intimamente ao processo de produção agrícola em que está inserida.

O fato de que a avaliação de um projeto de irrigação deve ser feita comparando-se "agricultura irrigada" e "não-irrigada" traz em relevo um outro aspecto essencial. Enquanto uma medida não-ambígua de custo exige que certo processo de irrigação seja examinado em função de sua capacidade potencial, sua avaliação econômica requer a apreciação de suas condições *efetivas* de operação como parte integrante de um projeto de produção agrícola. Segue-se que os dados de custos relevantes para a avaliação econômica de um projeto de irrigação não são adequados para uma medida não ambígua do custo associado à especificação do modelo de irrigação em pauta. Esta é uma consequência natural da vinculação do modo de operação do projeto de irrigação à solicitação imposta por determinado cultivo. A conclusão que pode ser extraída deste fato é que os dados a respeito dos custos operacionais e de manutenção relevantes para uma análise de custos virtuais são os referentes aos coeficientes técnicos "teóricos" associados à planta do sistema e correspondentes à sua capacidade instalada. As informações sobre os custos operacionais e de manutenção a serem empregados na avaliação econô-

mica de um projeto de irrigação são extraídas a partir do modelo de irrigação, levando em conta determinado plano de cultivo.

É desnecessário destacar que o melhor projeto de irrigação em relação a certo plano de produção agrícola não será, necessariamente, o de menor dispêndio. Portanto, a identificação do projeto mais rentável de irrigação não pode ser feita de forma absoluta, mas sim apenas em relação a certo projeto de produção agrícola. Logo, há sistemas de alto dispêndio, como de gotejamento, por exemplo, que somente são viáveis na produção de bens de alto valor. Deve ser destacado que, em qualquer circunstância, a existência de um projeto rentável de irrigação em relação a certa cultura não implica que esta seja um empreendimento viável. Pode suceder que certo projeto de irrigação seja altamente rentável por reduzir de forma substancial as perdas associadas a determinado cultivo. Exemplificando, admita que o valor atual líquido de certo plano de cultivo de determinado produto seja igual a -1.000 sem irrigação e seja igual a -300 com irrigação. O valor atual líquido associado a este projeto de irrigação será igual a +700, portanto positivo, dada a taxa de desconto representativa do custo de oportunidade de capital.

O contrário também poderá ocorrer, sendo inviável o projeto de irrigação que reduza o valor atual líquido do cultivo em que seria empregado, mesmo que este último permaneça positivo.

6. Conclusão

Neste artigo procuramos mostrar que a determinação da eficiência relativa e o cálculo da rentabilidade de projetos de irrigação dependem da utilização de duas noções de custo que são distintas. A escolha do conceito de custo a utilizar em cada caso pode ser feita empregando-se a noção de processo parcial e a formulação de função de produção, conforme sugeridos por Georgescu-Roegen em sua crítica à concepção neoclássica. Neste trabalho foram então sugeridos os conceitos de custo virtual e de custo efetivo. O primeiro corresponde a uma medida não-ambígua de custo, apta para definição da eficiência relativa de dado projeto de irrigação. O conceito de custo efetivo, por sua vez, seria adequado para a determinação da rentabilidade de dado projeto de irrigação. A distinção entre estas duas formas de cálculo de custo ganha relevo no caso de projetos de irrigação por duas razões principais: 1) pelo fato de seu produto não contar com um mercado organizado para sua comercialização; 2) por ser a irrigação sempre intimamente associada com algum processo de produção agrícola que tem características que o distinguem de processos de produção fabris.

A função de produção sugerida por Georgescu-Roegen promove a distinção entre o chamado método fabril de produção (em que os processos elementares são colocados em linha), que seria aplicável à descrição da atividade de irrigação e o método de produção aplicável à agricultura (que consiste na composição em paralelo de processos elementares). A determinação do custo virtual, relativo a um projeto de irrigação, seria decorrente do enquadramento desta atividade como um processo fabril, que pode ser iniciado a qualquer instante e em que as diversas etapas de produção podem ocorrer simultaneamente.

Fazendo-se uso da definição de processo parcial de Georgescu-Roegen, deve-se considerar que a função de produção seria, na verdade, uma funcional, em que todas as variáveis são representadas como função do tempo. O processo fabril, por sua vez, é caracterizado pela possibilidade de fixar o intervalo de tempo de forma arbitrária. Fazendo-se o intervalo de tempo tender à unidade, obtém-se uma forma degenerada da funcional, que se aproximaria da que conhecemos por função. No caso de projetos de irrigação, a variável dependente da função de produção será dada por uma medida de vazão que poderá então ser utilizada para definição do custo virtual. Se preferirmos empregar uma medida de volume de água como variável dependente da função de produção de irrigação, será necessário explicitar o tempo como variável independente adicional. Este cuidado será, então, também necessário na representação da função de custo virtual. É importante destacar que o custo virtual deve ser sempre associado à capacidade potencial do sistema, fazendo-se então referência ao que o sistema pode produzir e não ao que efetivamente produz na prática, em determinada aplicação. A fronteira analítica do processo parcial de irrigação – ao ser definido exclusivamente por esta atividade – exclui a atividade agrícola propriamente dita. Portanto, o custo virtual de irrigação independe da especificação do cultivo e das condições climáticas. Uma função de custo virtual de irrigação faz referência ao funcionamento de um sistema de irrigação a plena capacidade durante um intervalo de tempo arbitrário, porém explícito. Adicionalmente, recorde-se que esta função de custo virtual deve levar em conta a especificação do método de irrigação escolhido, assim como incluir entre as variáveis explicativas também os outros atributos do projeto, como os locacionais, o referente à área do perímetro, preços dos fatores, etc. Tal função de custo virtual, uma vez estimada, poderá então servir como padrão de comparação para avaliar o custo virtual e, portanto, a eficiência relativa de um projeto específico de irrigação.

A definição do custo efetivo de irrigação requer, por outro lado, que se leve em conta a fronteira analítica que circunscreve a atividade agrícola como um todo. O custo efetivo de certo projeto de irrigação estará então intimamente associado ao plano de cultivo em que aquele está inserido, assim como estará influenciado pelas condições climáticas sob as quais opera aquele plano de cultivo. Em consequência, considera-se neste caso as condições efetivas de operação do projeto de irrigação. O custo efetivo de irrigação será relevante para a determinação dos critérios a serem utilizados para a tomada de decisão a respeito da construção de dado sistema de irrigação ou para escolha do sistema mais apropriado para dada circunstância. Através das regras usuais de decisão provenientes da análise custo/benefício pode-se determinar o retorno absoluto associado a um projeto de irrigação, comparando-se os resultados de dado projeto de produção agrícola com e sem aquele projeto de irrigação. Da mesma forma, pode-se escolher o sistema mais rentável de irrigação para dado projeto agrícola comparando-se o resultado econômico da produção agrícola com cada sistema de irrigação. A escolha de certo sistema de irrigação irá, portanto, depender de três elementos: seu custo efetivo, sua produtividade em relação a certo cultivo, dada pela diferença entre os níveis de produção com e sem irrigação, e o preço do produto final.

Abstract

The main objective of the paper is to show that in case of irrigation projects it is imperative to differentiate between the notions herein suggested of virtual cost and effective cost. The former would be applied to a comparative analysis of efficiency, while the latter would be used in project assessment. The paper may be interpreted as an application of the notions of partial process and production function as proposed by Georgescu-Roegen. Emphasis is therefore laid on the distinction between processes of irrigation production and agricultural production with irrigation. The argument is also presented that for an analysis of relative efficiency, the product of the irrigation activity should preferably be represented by a measure of outflow.

While the potential operating conditions given by the project's blueprint are relevant for an unambiguous measure of cost (denominated virtual cost), the effective functioning conditions are what matter to define the effective cost, which is in turn relevant for analysing the economic feasibility of an irrigation project. On the other hand, only in this latter situation would it be necessary to identify the target crop of the agricultural production process.

Referências bibliográficas

Aguirre, Basilia, M.B. et alii. *Projetos de irrigação: o custo da transformação social*. Proni, Fipe, dez., 1989. (Relatório de pesquisa).

Debreu, G. *Theory of value: an axiomatic analysis of economic equilibrium*. New Haven and London, Yale University Press, 1959.

Eckstein, O. *Water resource development*. Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1958.

Georgescu-Roegen, N. *The entropy law and the economic process*. Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1971.

Hersztajn Moldau, J. Aspectos teóricos da determinação de custos de projetos de irrigação. In: Aguirre et alii. *Projetos de irrigação: o custo da transformação social*. Proni, Fipe, 1989. (Relatório de pesquisa.)

Withers, B. & Vipond, S. *Irrigação, projeto e prática*. São Paulo, Edusp, 1977.