

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**Ricardo Inojosa Costa**

**Irrigação por Gotejamento em uma Usina de Cana de Açúcar –  
um estudo de Viabilidade Econômica**

São Carlos

2016

RICARDO INOJOSA COSTA

**Irrigação por Gotejamento em uma Usina de Cana de Açúcar –  
um estudo de Viabilidade Econômica**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Escola de Engenharia de  
São Carlos da Universidade de São Paulo  
para a Obtenção do Título de Especialista  
em Engenharia de Produção.

Orientador: Profa. Dra. Daisy Aparecida  
do Nascimento Rebelatto

São Carlos

2016

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO,  
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS  
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Costa, Ricardo Inojosa  
Irrigação por Gotejamento em uma Usina de Cana de  
CC8274 Açúcar □ um estudo de Viabilidade Econômica / Ricardo  
Inojosa Costa; orientadora Daisy Aparecida do  
Nascimento Rebelatto. São Carlos, .

Especialização (Especialização em Engenharia de  
Produção) -- Escola de Engenharia de São Carlos da  
Universidade de São Paulo, .

1. Viabilidade econômica irrigação cana-de-açúcar.  
2. Análise projeto de irrigação por gotejamento. 3.  
Irrigação. 4. Gotejamento. 5. Saccharum spp.. 6.  
Irrigação. 7. Gotejamento. 8. Modelagem. I. Título.

Autorizo a publicação e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

### Catálogo da Publicação

Procurar o Serviço de Apoio da Biblioteca Central da EESC.

*“... Then you better start swimmin'  
Or you'll sink like a stone  
For the times they are a-changin'”*

Bob Dylan

## RESUMO

COSTA, R. I. **Viabilidade Econômica de Irrigação por Gotejamento em uma Usina de Cana de Açúcar**. 68f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Departamento de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de São Carlos- Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

O setor sucroenergético passou por uma intensa transformação na última década. Impactos ambientais e sociais negativos, de práticas produtivas arcaicas, foram transformados pelo ganho de produtividade dos trabalhadores com a mecanização das operações agrícolas. Enquanto isso, do lado da produção, as novas lavouras de cana-de-açúcar expandiram-se para ambientes de produção mais desafiadores, com maior *déficit* hídrico e menor fertilidade dos solos. Essas mudanças afetaram o rendimento agroindustrial do setor que, em açúcares recuperáveis por hectare, apresentou nas últimas cinco safras uma queda de aproximadamente 10% em relação às cinco safras anteriores. Como agravante, os preços do açúcar e etanol, influenciados pelo preço da gasolina nacional controlados artificialmente nos últimos cinco anos, agravaram uma significativa perda nas relações de troca, resultando em um longo período de margens negativas, o que levou a um robusto endividamento bancário, além do fechamento e homologação de recuperação judicial de diversas usinas. Contudo, com a retomada da incidência da CIDE, a sinalização da primeira safra mundial deficitária de açúcar, após cinco anos superavitários, e a desvalorização do real frente ao dólar, os preços dos produtos têm subido progressivamente, causando grande melhora da geração de caixa das usinas. Este fato tem reacendido a necessidade da retomada de investimentos que ampliem a competitividade. A busca, que outrora foi no sentido da ampliação horizontal da produção, agora almeja soluções voltadas para a verticalização das lavouras priorizando, assim, o ganho de escala não apenas no campo, mas em todo o sistema produtivo. No contexto atual dos ambientes produtivos com maior escassez de água, a complementação de água às lavouras por meio da irrigação localizada é uma solução para a verticalização dos campos. Dessa maneira, o objetivo deste estudo é avaliar a viabilidade econômica do uso eficiente da água nas lavouras e seus impactos em todo o fluxo de valor de uma usina sucroenergética.

**Palavras-chave:** *Saccharum ssp.*. Irrigação. Gotejamento. Viabilidade. Modelagem.

## ABSTRACT

COSTA, R. I. **Economic Viability of Drip Irrigation in a Sugar Cane Mill.** 68p. Monograph (Coursework final) - Department of Production Engineering, School of Engineering of São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2016.

The sugarcane industry underwent an intense transformation in the last decade, negative environmental and social impacts of archaic productive practices were transformed by the productivity gains of the workers with the mechanization of agricultural operations. Meanwhile, on the production side, new sugarcane fields have expanded into more challenging production environments, with higher water deficit and lower soil fertility. These changes affected the agroindustrial yield of the sector which, in recoverable sugars per hectare, presented in the last five crops a decrease of approximately 10% in relation to the five previous crops. To make matters worse, the prices of sugar and ethanol influenced by the price of domestic gasoline artificially controlled in the past five years have aggravated a significant loss in the trade relation, resulting in a long period of negative margins led to a robust bank debt, in addition to closing and judice recover of several mills. However, with the resumption of the incidence of CIDE, signaling the first deficit world sugar crop after five years in surplus, and the devaluation of the real against the dollar, the prices of products have risen progressively, causing great improvement in the mills cash flow. This fact has rethink the back of investments that increase competitiveness. The search that was once in the direction of the horizontal expansion of production, now seeks solutions aimed at the verticalization of crops, prioritizing, thus, the gain of scale not only in the field, but throughout the production system. In the current context of the productive environments with greater water scarcity, the complementation of water to the crops through the localized irrigation is a solution to the verticalization of the fields. In this way, the objective of this study is to understand the technical and economic viability of the efficient use of water in the crops and their impacts on the entire sugarcane's mill flow of value.

**Key-words:** *Saccharum ssp.*. Irrigation. Drip Irrigation. Viability. Model.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. A IMPORTÂNCIA DO AGRONEGÓCIO E DA CADEIA DA CANA-DE-AÇÚCAR. ....	14
FIGURA 2. HISTÓRICO: PRODUÇÃO DO SETOR SUCROENERGÉTICO EM ATR EQUIVALENTE OFERTADO POR PRODUTO (SUPERIOR) E VARIAÇÃO DAS ALÍQUOTAS DA CIDE PARA GASOLINA (INFERIOR).....	17
FIGURA 3. HISTÓRICO: BALANÇO MUNDIAL E ESTOQUE DE AÇÚCAR (SUPERIOR); PREÇOS EQUIVALENTES DO AÇÚCAR E ETANOL (CENTRO); E PREÇOS DO AÇÚCAR, MERCADO INTERNO E EXTERNO (INFERIOR).....	18
FIGURA 4. MAPA: EXPANSÃO DAS LAVOURAS [2003:2015] E DÉFICIT HÍDRICO MÉDIO NAS ÁREAS DE CANA-DE-AÇÚCAR (SUPERIOR). HISTÓRICO: RENDIMENTO AGROINDUSTRIAL EM ATR POR HECTARE (CENTRO) E CUSTO DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO CENTRO-SUL (INFERIOR). ....	19
FIGURA 5. HISTÓRICO: MARGEM MÉDIA DAS USINAS DO ESTADO DE SÃO PAULO SEGMENTADA POR PRODUTO (SUPERIOR); DÍVIDA BANCARIA DAS USINAS (CENTRO); E ABERTURA, FECHAMENTO E PEDIDOS DE RECUPERAÇÃO JUDICIAL DE USINAS (INFERIOR). ....	20
FIGURA 6. HISTÓRICO: RENDIMENTO AGROINDUSTRIAL (TATR/HA) E IDADE MÉDIA (ANOS) REGIÃO DE ARAÇATUBA. ....	24
FIGURA 7. HISTÓRICO: RENDIMENTO AGROINDUSTRIAL (TATR/HA) E IDADE MÉDIA (ANOS) REGIÃO DE RIBEIRÃO PRETO. ....	24
FIGURA 8. COMPARATIVO CLIMÁTICO: PRECIPITAÇÃO DECENDIAL MÉDIA (HISTÓRICO 30 ANOS) DE ARAÇATUBA (SUP. ESQ.) E RIBEIRÃO PRETO (SUP. DIR.); DISPERSÃO DA PRECIPITAÇÃO ANUAL MÉDIA DE ARAÇATUBA (INF. ESQ.) E RIBEIRÃO PRETO (INF. DIR.). ....	25
FIGURA 9. COMPARATIVO CLIMÁTICO: BALANÇO HÍDRICO (HISTÓRICO 30 ANOS) DE ARAÇATUBA (SUP. ESQ.) E RIBEIRÃO PRETO (SUP. DIR.); DISPERSÃO DO DÉFICIT HÍDRICO ANUAL DE ARAÇATUBA (SUP. ESQ.) E RIBEIRÃO PRETO (SUP. DIR.).....	27
FIGURA 10. DIAGRAMA: ARMAZENAMENTO RELATIVO DE ÁGUA NO SOLO DAS REGIÕES DE ARAÇATUBA (ESQ.) E RIBEIRÃO PRETO (DIR.). ....	28
FIGURA 11. CORRELAÇÕES DOS FATORES PRODUTIVOS DAS SAFRAS: PARTICIPAÇÃO DE CANA PLANTA (%) E PRODUTIVIDADE AGROINDUSTRIAL (TATR/HA) ARAÇATUBA (ESQ.) E RIBEIRÃO PRETO (DIR.); DÉFICIT HÍDRICO (MM/ANO) E PRODUTIVIDADE AGROINDUSTRIAL (TATR/HA) ARAÇATUBA (ESQ.) E RIBEIRÃO PRETO (DIR.). ....	29
FIGURA 12. DÉFICIT HÍDRICO MÉDIO DAS ÚLTIMAS CINCO SAFRAS DA REGIÃO DE RIBEIRÃO PRETO POR AMBIENTE DE PRODUÇÃO E POR PERÍODO DA SAFRA (INÍCIO, MEIO E FINAL). ....	31
FIGURA 13. ESQUEMA: MÓDULO DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO.....	35

FIGURA 14. ESQUEMA: LAVOURA IRRIGADA COM ASPERSÃO AÉREA E POR IRRIGAÇÃO LOCALIZADA VIA GOTEJAMENTO.....	36
FIGURA 15. FLUXOGRAMA: OPERAÇÕES ESTRUTURADAS NO MODELO POR PREMISSAS TÉCNICAS.....	47
FIGURA 16. PROJEÇÃO: FLUXO DE CAIXA DA USINA CENÁRIO BASE, SEM O PROJETO.....	53
FIGURA 17. PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA (T/HA) ESTIMADA DO PROJETO POR ESTÁGIO DE CORTE. ....	54
FIGURA 18. PROJEÇÃO: FLUXO DE CAIXA DA USINA CENÁRIO PROJETO.....	58
FIGURA 19. FLUXO DE CAIXA PROJETADO DA USINA CENÁRIO BASE, SEM O PROJETO.....	61
FIGURA 20. FLUXO DE CAIXA PROJETADO DA USINA CENÁRIO COM O PROJETO. ....	61
FIGURA 21. FLUXO DE CAIXA PROJETADO DO PROJETO. ....	62

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - FASES FENOLÓGICAS E VALORES DE COEFICIENTE DE CULTURA (KC) PARA CANA-DE-AÇÚCAR EM FASES DE PLANTA E SOQUEIRA.....	26
TABELA 2 – DÉFICIT HÍDRICO DAS ÚLTIMAS CINCO SAFRAS DA REGIÃO DE RIBEIRÃO PRETO POR AMBIENTE DE PRODUÇÃO E MÊS DE COLHEITA.....	31
TABELA 3. CONSUMO DE ÁGUA PELA CANA-DE-AÇÚCAR. ....	32
TABELA 4. COEFICIENTE DA CULTURA (KC) PARA DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS E CICLOS DE PLANTIO DA CANA-DE-AÇÚCAR. ....	33
TABELA 5. CONSUMO DE ÁGUA VERSUS PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR. ....	33
TABELA 6 - FASES FENOLÓGICAS: ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR PARA CANA-DE-AÇÚCAR E COEFICIENTE ESPECÍFICO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO. ....	35
TABELA 7 – LAYOUT DO MODELO. ....	48
TABELA 8 – PREMISSAS MICROECONÔMICAS DE PREÇOS.....	49
TABELA 9 – PREMISSAS MICROECONÔMICAS TRIBUTÁRIAS.....	49
TABELA 10 – PREMISSAS DE ENTRADA DO MODELO. ....	50
TABELA 11 – INDICADORES TÉCNICO-OPERACIONAIS. ....	51
TABELA 12 – INDICADORES DA PRODUÇÃO DA USINA SEM O PROJETO. ....	51
TABELA 13 – CONSUMO DE DIESEL DA USINA POR OPERAÇÃO AGRÍCOLA. ....	52
TABELA 14 – DEMONSTRATIVO DE RESULTADOS (DRE) DA USINA EM MIL R\$. ....	52
TABELA 15 – PREMISSAS DE ENTRADA DO PROJETO NO MODELO. ....	54
TABELA 16 – DEMONSTRATIVOS DOS RESULTADOS ESPERADOS (DRE) ADICIONAIS DO PROJETO.....	55
TABELA 17 – DEMONSTRATIVOS DOS RESULTADOS ESPERADOS (DRE) ADICIONAIS DO PROJETO.....	55
TABELA 18 – DEMONSTRATIVOS DOS RESULTADOS ESPERADOS (DRE) ADICIONAIS DO PROJETO.....	56
TABELA 19 – DEMONSTRATIVOS DOS RESULTADOS ESPERADOS (DRE) ADICIONAIS DO PROJETO.....	56
TABELA 20 – CONSUMO DE DIESEL DA USINA APÓS O PROJETO POR OPERAÇÃO AGRÍCOLA. ....	56
TABELA 21 – DEMONSTRATIVO DE RESULTADOS (DRE) DA USINA EM MIL R\$ COM O PROJETO.....	57
TABELA 22 – COMPARATIVO DA DRE DA USINA SEM E COM O PROJETO EM R\$/T DE CANA MOÍDA.....	58
TABELA 23 – COMPARATIVO DOS INDICADORES AGROINDUSTRIAIS. ....	59
TABELA 24 – REDUÇÃO DO CONSUMO DE DIESEL COM O PROJETO.....	60

TABELA 25 – INDICADORES ECONÔMICO-FINANCEIROS DO PROJETO. .... 62

# SUMÁRIO

RESUMO .....	3
ABSTRACT .....	4
LISTA DE FIGURAS .....	5
LISTA DE TABELAS .....	7
SUMÁRIO.....	9
1. INTRODUÇÃO1 .....	14
JUSTIFICATIVA.....	14
OBJETIVO .....	21
2. REVISÃO BILIOGRÁFICA.....	23
RELAÇÃO DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR COM O AMBIENTE E A ÁGUA:.....	23
CAN A-DE-AÇÚCAR: IRRIGAÇÃO CONSUMO E PRODUTIVIDADE DA ÁGUA:.....	32
MÉTODOS ESTRATÉGICOS E FINANCEIROS PARA TOMADA DE DECISÃO: .....	37
MÉTODOS QUANTITATIVOS NA ANÁLISE DE INVESTIMENTOS .....	39
2.1.1. Modelagem financeira.....	39
2.1.2. Valor Presente Líquido (VPL).....	42
2.1.3. Taxa Interna de Retorno (TIR).....	43
2.1.4. Payback Descontado.....	45
2.1.5. Retorno do Investimento (ROI) .....	45
3. ANÁLISE DA VIABILIDADE DE UM PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO.....	46
A MODELAGEM TÉCNICA-FINANCEIRA DA EMPRESA .....	46
3.1.1. Premissas gerais de preços .....	49
3.1.2. Premissas tributárias .....	49
PREMISSAS DA USINA MODELADA .....	50
PREMISSAS DO PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO .....	53
DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	58
4. CONCLUSÕES .....	63
REFERÊNCIAS .....	65

# 1. INTRODUÇÃO

## JUSTIFICATIVA

O agronegócio é o grande propulsor da economia brasileira. Em números gerais absorve 10% dos empregos formais do país, participa em 22% do produto interno bruto, além de ser garantidor do resultado positivo da balança comercial brasileira (CEPEA/USP, CNA, IPEA, MAPA, MDIC, 2015). A aptidão brasileira para a produção agrícola é tamanha que supera os problemas estruturais do país e as barreiras econômicas impostas pelo comércio mundial.

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é a terceira cultura mais plantada no país, com uma área de 10 milhões de hectares (CONAB, 2016). O setor sucroenergético processou na safra 2015/16, um total de 667 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (UNICA, 2016), gerando um valor bruto de 113 bilhões de reais (MAPA, 2016). O Brasil é o maior produtor mundial de açúcar, com 33,8 milhões de toneladas na safra 2015/16 (CONAB, 2016), aproximadamente 20% do consumo mundial, sendo, deste total, 24 milhões de toneladas exportadas (MDIC, 2016), destacando-se também como maior exportador global, responsável por aproximadamente 50% de todo açúcar comercializado no mercado mundial. Em relação à produção de etanol, o Brasil produziu na safra 2015/16 o volume recorde de 30,1 bilhões de litros (CONAB, 2016), ocupando a posição de segundo maior produtor mundial ficando atrás apenas dos Estados Unidos da América com a produção de 56 bilhões de litros. Nessa mesma safra, o setor produziu um total de 47,4 mil GWh de energia elétrica, dos quais, 20,1 mil GWh foram disponibilizados para a rede nacional, representando 6% da energia consumida no país. A Figura 1 apresenta os principais números do agronegócio e do setor sucroenergético:

AGRONEGÓCIO			
PIB		EMPREGOS FORMAIS	
1,25 TRILHÕES R\$		4,1 MILHÕES EMPREGADOS	
SETOR SUCROENERGÉTICO			
PIB		EMPREGOS FORMAIS	
113 BILHÕES R\$		900 MIL EMPREGADOS	
CANA-DE-AÇÚCAR			
ÁREA	USINAS	PRODUÇÃO	PRODUTIVIDADE
10 MILHÕES HA	337 UNIDADES	667 MILHÕES T	77 TONELADAS/HA
PRODUTOS			
AÇÚCAR	ETANOL	ENERGIA ELÉTRICA	
33,8 MILHÕES T	30,1 MILHÕES M <sup>3</sup>	47,4 MIL GWh	

Figura 1. A importância do agronegócio e da cadeia da cana-de-açúcar.  
Fonte: CEPEA/USP, CNA, IPEA, MAPA, MDIC.

A produção de cana-de-açúcar no Brasil se iniciou há quase 500 anos, quando começou a fabricação de açúcar no país. Sua história se confunde com a própria história do país, com altos e baixos, programas que deram certo e, outros, nem tanto.

Na última década, mudanças no sistema de produção nacional provocaram grandes impactos na relação da cana-de-açúcar com o ambiente e com a sociedade. A mecanização das operações agrícolas e a extinção da queima das lavouras, antes da colheita, edificaram o pilar sustentável com a transformação positiva das externalidades da atividade.

Os impactos ambientais e sociais negativos de práticas produtivas arcaicas, intensivas em mão de obra e danosas ao meio ambiente, foram transformados pelo ganho de produtividade dos trabalhadores, que agora operam modernas máquinas com conforto e segurança. E, de degradador, o setor se transformou em um grande fixador de carbono, um verdadeiro aliado do meio ambiente que teve um de seus produtos, o etanol combustível, reconhecido pela agência ambiental americana (EPA, 2010) como um biocombustível avançado, que emite 89% menos CO<sub>2</sub> do que a gasolina.

As transformações tecnológicas não se restringiram à esfera agrícola. Antes, os produtos extraídos pela indústria do caldo de uma tonelada de cana-de-açúcar tinham energia correspondente a meio barril de petróleo. Agora, com a utilização da fibra presente no bagaço, nas folhas e ponteiros (palha), extrai-se o equivalente energético a 1,2 barril de petróleo da mesma tonelada de cana-de-açúcar (Dedini, 2014).

A biomassa da cana-de-açúcar apresenta um grande potencial para a fabricação de diversos produtos, como o etanol de segunda geração (2G) e os bioplásticos, todos estes já produzidos em escala comercial; além de combustíveis para aviação, aminoácidos especiais e até mesmo remédio para malária que começam a ser produzidos no Brasil.

Todas essas mudanças têm ocorrido em um curto espaço de tempo, de modo que todo esse ganho qualitativo do sistema produtivo canavieiro foi sincrônico a uma grande expansão quantitativa da produção de cana-de-açúcar que se iniciou a partir do ano de 2002. Em seis anos, período equivalente a um ciclo agrícola da cultura da cana-de-açúcar, devido a robustos investimentos realizados na construção de novas usinas, lavouras e na ampliação das plantas industriais existentes houve o aumento de 75% da oferta de açúcares totais recuperáveis (ATR) do setor entre as safras 2002 a 2008, sendo que o crescimento da oferta de etanol foi de 118% enquanto que o de açúcar foi de apenas 38%.

O amplo crescimento da oferta de etanol foi alavancado pela sinérgica combinação: política de incentivo tributário, que estimulou a oferta; e inovação tecnológica, que ampliou a demanda.

Em dezembro de 2001 por meio da lei 10.336, foi criada a CIDE-combustíveis (Contribuição de intervenção no domínio econômico) que taxava os combustíveis fósseis, Diesel e gasolina, favorecendo a competitividade do biocombustível etanol. Para o consumidor, o etanol e a gasolina são produtos substitutos perfeitos, de modo que a escolha é determinada pela paridade dos preços equivalentes. Portanto, a incidência da CIDE a partir do ano de 2003 com alíquota de 0,28 centavos por litro de gasolina possibilitou margem competitiva à produção de etanol atraindo diversos investidores e ampliando a oferta do biocombustível. Ainda no ano de 2003, com o lançamento do carro flexível, movido tanto à gasolina quanto a etanol, iniciou-se a expansão da demanda de etanol que passou a crescer tautócrona ao aumento da frota de carros flexíveis. Atualmente já são mais de 24 milhões de veículos flexíveis em circulação no país (ANP 2016).

Contudo, esse ciclo expansionista pró etanol foi desestimulado pela crise Americana do *subprime* em 2007. A disseminação dos efeitos da crise para o restante do mundo no ano de 2008 gerou grandes impactos nos mercados, com destaque para a desvalorização da moeda americana, retração do crédito empresarial e valorização do petróleo, que chegou ao patamar de US\$ 140 por barril. Diante deste cenário, o governo brasileiro reduziu a política de estímulo ao biocombustível com a redução da CIDE e congelou os preços da gasolina no mercado interno visando o controle inflacionário. Esta política de controle artificial dos preços da gasolina no mercado interno foi ampliada a partir do ano de 2011, com a CIDE reduzida a zero e maiores volumes de combustíveis fósseis importados sob *dumping* privado da então maior empresa do país, a petroleira Petrobras, que sob influência política manteve os preços dos combustíveis desalinhados dos preços mundiais, mesmo sofrendo grandes baixas no seu caixa. A Figura 2 apresenta o histórico da relação da oferta de etanol, em ATR equivalente, com a incidência da CIDE sob a gasolina, em reais por litro de gasolina. Nota-se a estagnação da oferta de etanol após a safra 2008/09, em virtude do desestímulo à competitividade via redução da alíquota da CIDE, que só retomou o crescimento na safra 2015/16 com a retomada da incidência do imposto.

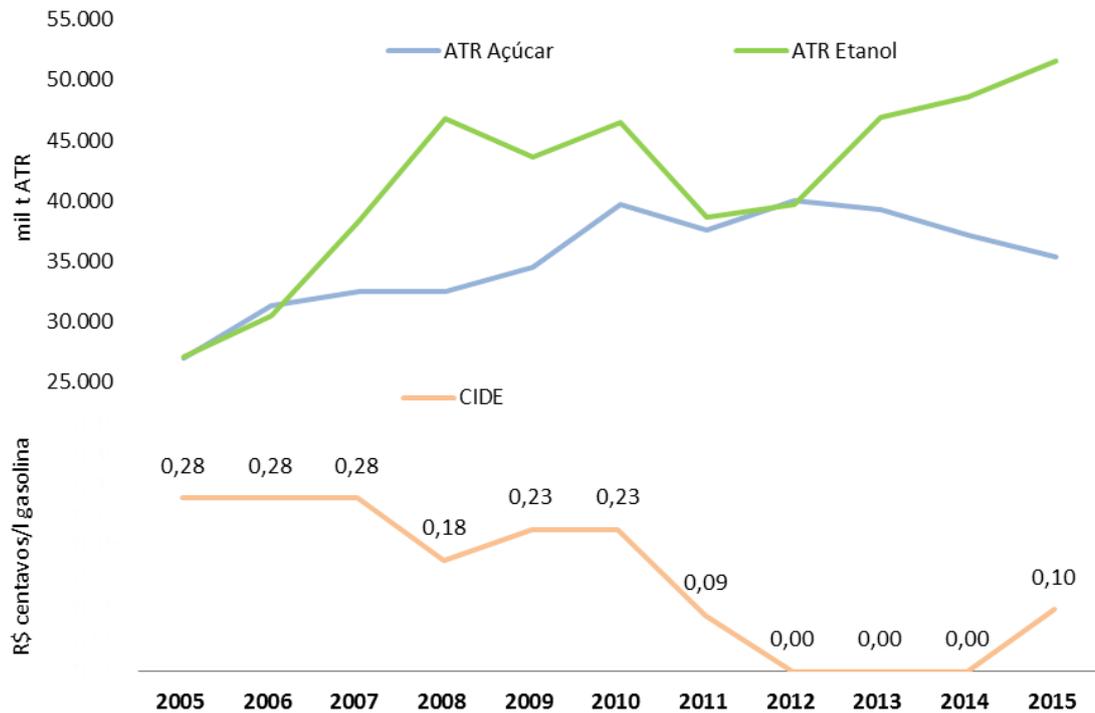


Figura 2. Histórico: produção do setor sucroenergético em ATR equivalente ofertado por produto (superior) e variação das alíquotas da CIDE para gasolina (inferior).

Fonte: UNICADATA, Simões A. (2012).

Por ser um substituto perfeito da gasolina, o etanol teve sua competitividade afetada pelo controle artificial dos preços da gasolina. Como consequência, os produtores maximizaram a produção de açúcar em busca de margem, ampliando a oferta no mercado mundial. Esta busca por margem do maior produtor mundial, encavalada à, então, recente expansão do parque fabril durante o advento do etanol, causou um superávit mundial de açúcar que se estendeu por cinco ciclos consecutivos, das safras 2010/11 à safra 2014/15, levando os preços mundiais do adoçante a buscar os custos de formação do maior produtor mundial, o Brasil. Porém, pela possibilidade de arbitragem entre produção de açúcar e etanol o preço do açúcar no mercado mundial ficou nivelado ao preço doméstico do etanol que, por sua vez, sendo um substituto perfeito da gasolina, estava atrelado ao preço da mesma, então controlado artificialmente no mercado interno. A Figura 3 apresenta o histórico da relação entre: o balanço mundial da oferta e demanda de açúcar e o nível de estoque; da relação dos preços equivalentes do açúcar e do etanol, em reais por kg de ATR; e a relação dos preços do açúcar no mercado nacional e mundial. É possível notar a relação de paridade entre os preços equivalentes do açúcar no mercado mundial e do etanol no Brasil. Sempre que há excedente de açúcar no mercado mundial seu valor é equivalente ao do etanol no Brasil, e quando o mercado mundial

apresenta estoques abaixo de 22%, os preços do açúcar descolam dos preços do mercado nacional de etanol para estimular maior produção do adoçante (destacado em azul claro).

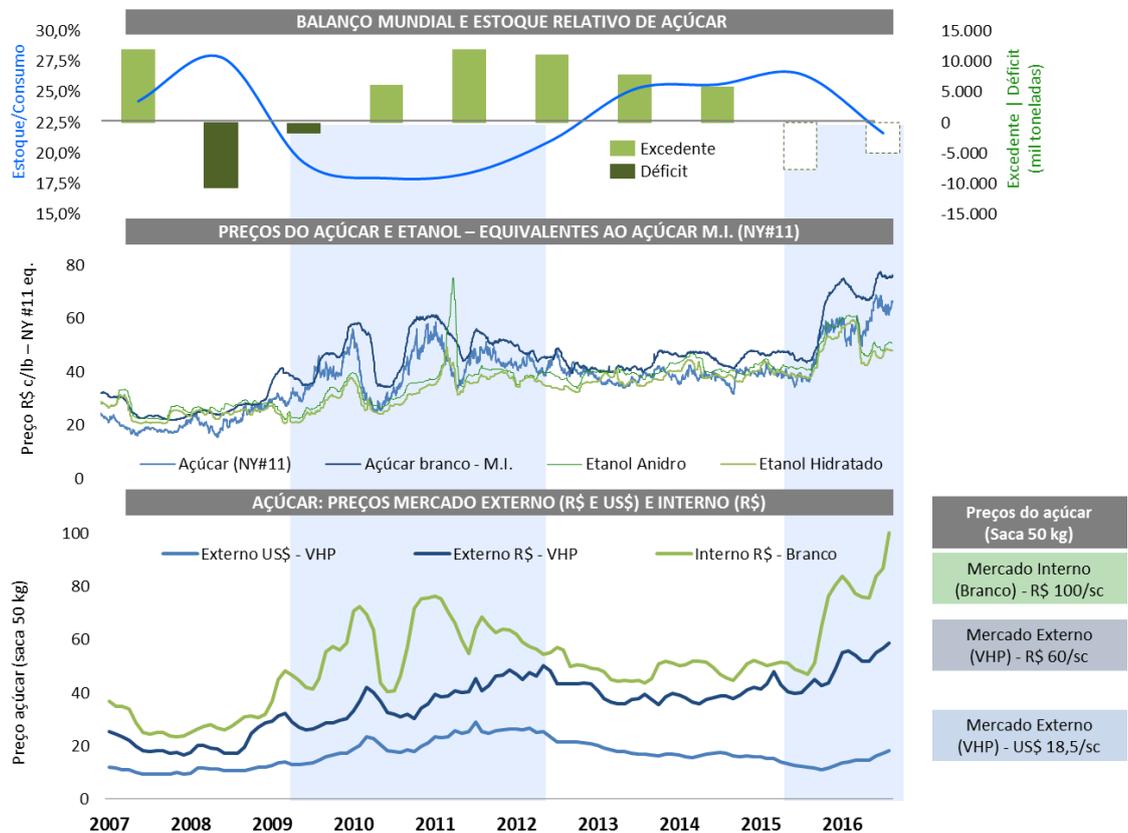


Figura 3. Histórico: balanço mundial e estoque de açúcar (superior); preços equivalentes do açúcar e etanol (centro); e preços do açúcar, mercado interno e externo (inferior).

Fonte: CEPEA/USP, USDA.

Nesse período, do lado da produção, as novas lavouras de cana-de-açúcar expandiam-se para ambientes de produção mais desafiadores, com maior *déficit* hídrico e menor fertilidade dos solos. A incorporação da maioria das novas áreas de produção ocorreu em áreas de pastagens degradadas com solos de menor fertilidade, causando reduções nas produtividades agrícolas sob manejo convencional da cana-de-açúcar.

É importante ressaltar que a principal consequência das transformações do sistema produtivo, mais especificamente a mecanização das operações agrícolas e os novos ambientes de produção mais restritivos, foi a queda do rendimento agroindustrial do setor que, em açúcares recuperáveis por hectare (ATR/ha), apresentou nas últimas cinco safras uma queda de aproximadamente 10% em relação às cinco safras anteriores (CTC, 2016).

Sofrendo com a menor produtividade das lavouras e a maior demanda de capital devido à intensificação da imobilização em máquinas e equipamentos, os custos de produção têm

crescido constante e consideravelmente, em uma taxa média de 12% ao ano (PECEGE, 2016). A Figura 4 ilustra a expansão das lavouras para regiões com maior incidência de *deficit* hídrico, além do histórico de rendimento agroindustrial (em ATR/hectare) e dos custos de produção. É notável a redução da produtividade das lavouras, apresentando, por consequência, grande aumento dos custos de produção agrícola da cana-de-açúcar.

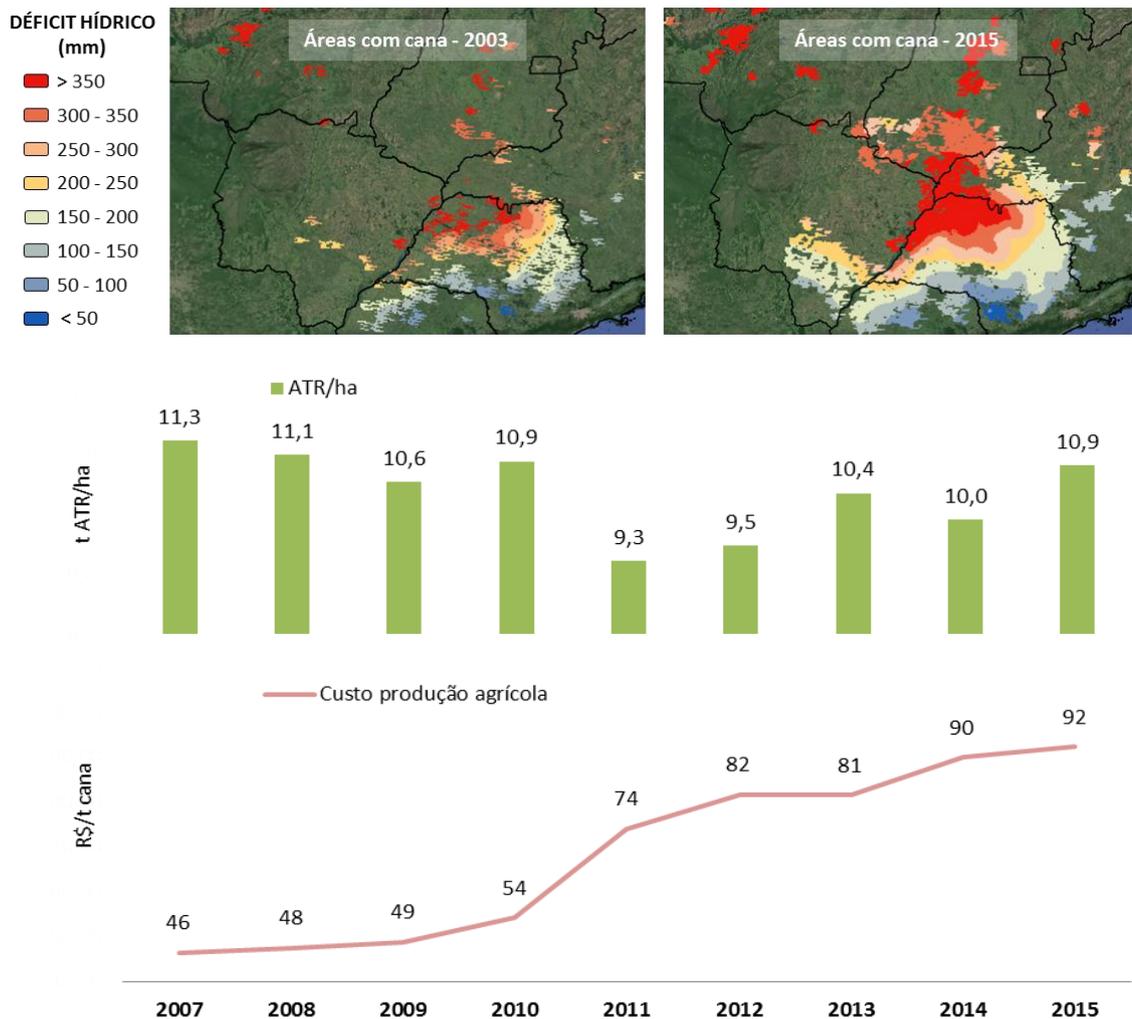


Figura 4. Mapa: expansão das lavouras [2003:2015] e déficit hídrico médio nas áreas de cana-de-açúcar (superior). Histórico: rendimento agroindustrial em ATR por hectare (centro) e custo de produção de cana-de-açúcar na região Centro-Sul (inferior).

Fonte: CANASAT, INMET, CTC, ARCGIS, CTC, PECEGE/USP.

Com os preços do açúcar e etanol influenciados pelo preço da gasolina nacional e o aumento dos custos de produção, o setor sofreu uma significativa perda das relações de troca, resultando em um longo período de margens negativas que levou a um robusto endividamento bancário, que atingiu um montante próximo à receita na safra 2014/15, além do fechamento de 83 usinas e homologação de 79 pedidos de recuperação judicial (UNICA, 2016). Como

apresentado na Figura 5, o setor entre 2008 a 2015 só obteve margens médias positiva nas safras 2010 e 2011, o que praticamente dobrou o endividamento bancário e retraiu o número de unidades produtoras além das unidades em recuperação judicial.

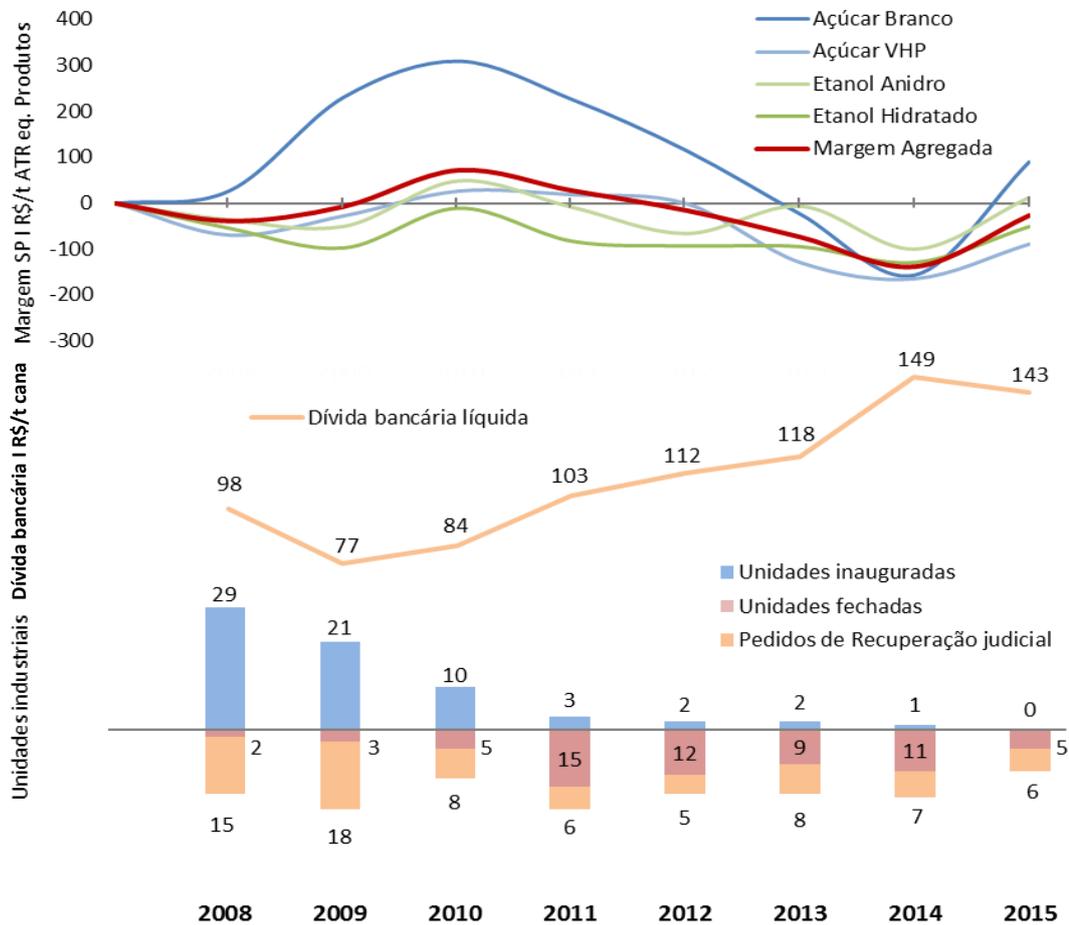


Figura 5. Histórico: margem média das usinas do Estado de São Paulo segmentada por produto (superior); dívida bancaria das usinas (centro); e abertura, fechamento e pedidos de recuperação judicial de usinas (inferior).

Fonte: PECEGE/USP, CONSECANA, Rabobank, UNICA, Jornal Cana.

Entretanto, com a retomada da incidência da CIDE em R\$ 0,10 sob a gasolina em outubro de 2015, a sinalização dos agentes de mercado da primeira safra mundial deficitária de açúcar e a desvalorização do real frente ao dólar, os preços dos produtos têm subido progressivamente, em especial do açúcar, que tem se descolado da paridade com o etanol em busca de estimular maior oferta do adoçante. Além dos bons preços atuais, preocupações com a oferta, tanto do açúcar quanto do etanol, geram uma expectativa de um duradouro ciclo de preços favoráveis para estimular a ampliação da produção visando atender as demandas que crescem paulatinamente.

Portanto, a melhora da geração de caixa das usinas após um longo período de resultados negativos reacende a necessidade da retomada de investimentos que ampliem a competitividade. A busca que outrora foi no sentido da ampliação horizontal da produção, agora almeja soluções voltadas para a verticalização das lavouras, priorizando assim, o ganho de escala não apenas no campo, mas em todo o sistema produtivo.

No contexto atual dos ambientes produtivos, com maior escassez de água, e do novo sistema produtivo mecanizado com maior demanda de capital cujo rendimento está diretamente atrelado às produtividades das lavouras, a complementação de água às lavouras através da irrigação se faz necessária como solução para a verticalização dos campos.

Por se tratar a água de um recurso vital e escasso, a escolha do sistema de irrigação utilizado deve contemplar aspectos qualitativos e quantitativos que convirjam para maior produtividade dos recursos hídricos no sistema de produção. Dessa maneira, faz-se importante entender a viabilidade econômica do uso eficiente da água nas lavouras e seus impactos em todo o fluxo de valor de uma usina sucroenergética.

## **OBJETIVO**

Este estudo tem por objetivo **simular, através de modelagem técnica e financeira, utilizando a ferramenta Microsoft Excel, a viabilidade econômica da adoção de um projeto de gotejamento por uma usina de cana-de-açúcar**. A simulação se dará a partir da geração de dois cenários:

1. Cenário 1: contempla a produção da usina no nível tecnológico atual, sem a adoção de novas tecnologias;
2. Cenário 2: agrega a adoção da tecnologia de irrigação por gotejamento em uma parcela da área de produção da usina.

Como resultado final pretende-se obter o benefício no fluxo de caixa da usina com a adoção de um sistema de irrigação por gotejamento em uma parcela da área produtiva em relação ao fluxo de caixa da usina mantido o nível tecnológico atual, ou seja, sem a utilização da irrigação por gotejamento. Além disto, utilizou-se de uma végeta série de indicadores operacionais para dimensionar os impactos da verticalização da produção das lavouras no

dimensionamento operacional dos recursos produtivos a fim de se mensurar os benefícios da utilização da irrigação em escala em todo o fluxo de valor da produção da usina.

Contudo, como colocado por Hertz (1964): “O principal problema das análises de projetos não está em sua engenharia, mas sim, nas premissas que adotamos”. Portanto, este estudo busca contemplar, em maior profundidade, o entendimento das premissas produtivas que sustentam a engenharia técnica e financeira. Ou seja, o entendimento das relações entre o clima e o ambiente com a produção e os desempenhos das operações fazem-se mais valorosos do que a engenharia analítica em si.

Neste sentido, se destacam duas premissas-chave: a produtividade da cultura e a longevidade do canavial que, por sua vez, têm pela ação do déficit hídrico seus desempenhos afetados significativamente em virtude do dano causado pela falta de água na manutenção da população e no desenvolvimento da cana-de-açúcar e, conseqüentemente, na redução da produção e no número de colheitas viáveis a serem realizadas. A necessidade hídrica da cana-de-açúcar é de 1500 a 2500 mm por ciclo vegetativo (DOORENBOS; KASSAM, 1994). Como a disponibilidade hídrica restritiva no solo afeta negativamente o crescimento dos cultivos e é a principal causa da redução da produtividade, o entendimento da ação do déficit hídrico na verticalização e perenização das lavouras é fundamental para a adesão do manejo eficiente da água por sistemas de irrigação como solução equânime à restrição hídrica dos ambientes de produção para obtenção de ganhos em todo o fluxo produtivo.

## 2. REVISÃO BILIOGRÁFICA

### **RELAÇÃO DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR COM O AMBIENTE E A ÁGUA:**

A expansão horizontal do setor às novas fronteiras agrícolas no período dos investimentos pró- etanol ocorreu em muitos casos sem todos devidos os cuidados necessários. Muitas das novas unidades produtoras esbarraram em entraves que prejudicaram a produtividade da cana-de-açúcar nessas regiões, os quais estão relacionados à menor tradição no cultivo da cana, competição com grandes culturas (soja e milho etc.), mão de obra desqualificada, baixa disponibilidade de variedades de cana adaptadas às condições climáticas da região entre outros. Porém, um dos grandes entraves obstáculos impostos pela expansão do setor sucroenergético diz respeito às restrições climáticas das mesmas (COSTA, 2011). O bioma Cerrado, característico da região central do Brasil, apresenta duas estações bem definidas: uma chuvosa, que se inicia entre os meses de setembro e outubro e se estende vai até março e abril; e outra estação seca, caracterizada por intenso déficit hídrico, resultante do baixo volume de precipitação, das altas temperaturas e elevada radiação solar. (KELLER FILHO et. al, 2005). Portanto, a má distribuição das chuvas e o intenso déficit hídrico, agravado pelas altas temperaturas e solos com baixa capacidade de retenção de água, tornam à a produção de cana-de-açúcar mais complexa, principalmente para as condições de plantio de inverno e para o canavial colhido no final de safra durante os meses de outubro a dezembro (CARDOZO, 2013).

Muitas das novas áreas de produção têm apresentado patamares de produtividade agrícola e longevidade muito inferiores aos de regiões tradicionais. Dessa maneira, para estabelecer uma referência comparativa da interação dos fatores climáticos e ambientais com a produção, foi analisado o desempenho agrícola médio de duas mesorregiões produtoras do Estado de São Paulo: uma que teve uma grande expansão de novas usinas e lavouras, Araçatuba; e uma mais tradicional, Ribeirão Preto. Os dados de desempenho agrícola analisados são do banco de dados do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC, 2016). As Figuras 6 e 7 apresentam a relação do desempenho agrícola em ATR por hectare e a idade média das lavouras nas ultimas cinco safras nas regiões de Araçatuba e Ribeirão Preto, respectivamente. Nota-se o maior desempenho agrícola em lavouras mais longínquas na região de Ribeirão Preto.

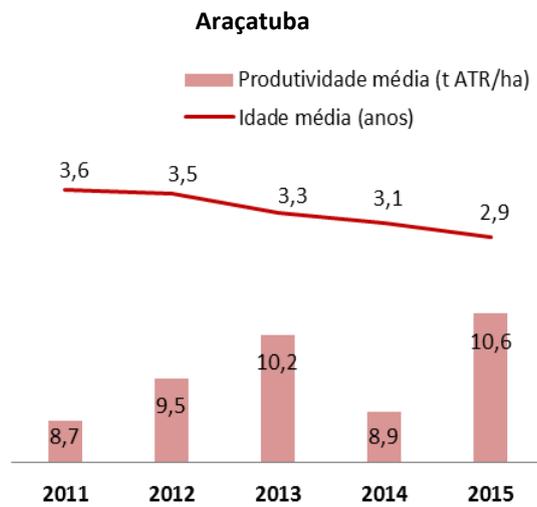


Figura 6. Histórico: rendimento agroindustrial (tATR/ha) e Idade Média (anos) região de Araçatuba.

Fonte: CTC

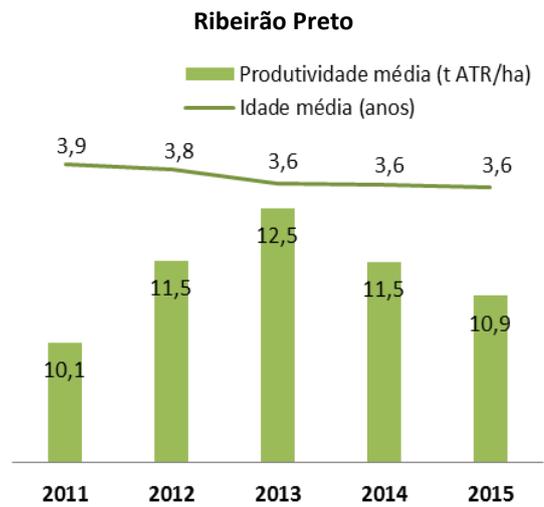


Figura 7. Histórico: rendimento agroindustrial (tATR/ha) e Idade Média (anos) região de Ribeirão Preto.

Fonte: CTC.

De toda a variação dos aspectos que afetam o desempenho agrícola dessas regiões, o fator climático é preponderante e sobre ele uma coisa é notável: em uma longa série histórica mesmo as regiões mais “nobres” em termos climáticos, estão sujeitas a ocorrência de fenômenos adversos, principalmente a ocorrência de seca. Um dos fatores climáticos mais observados em tomada de decisão agrícola é a precipitação (P) e sua distribuição ao longo do ano. A partir de dados médios decenais de precipitação de uma série histórica de 34 anos (1981 a 2015) pode se observar que tanto em volume quanto em distribuição as precipitações nas regiões de Araçatuba e Ribeirão Preto não se distinguem significativamente, com precipitação média anual inferior em apenas 110 mm na região de Araçatuba (Figura 8).

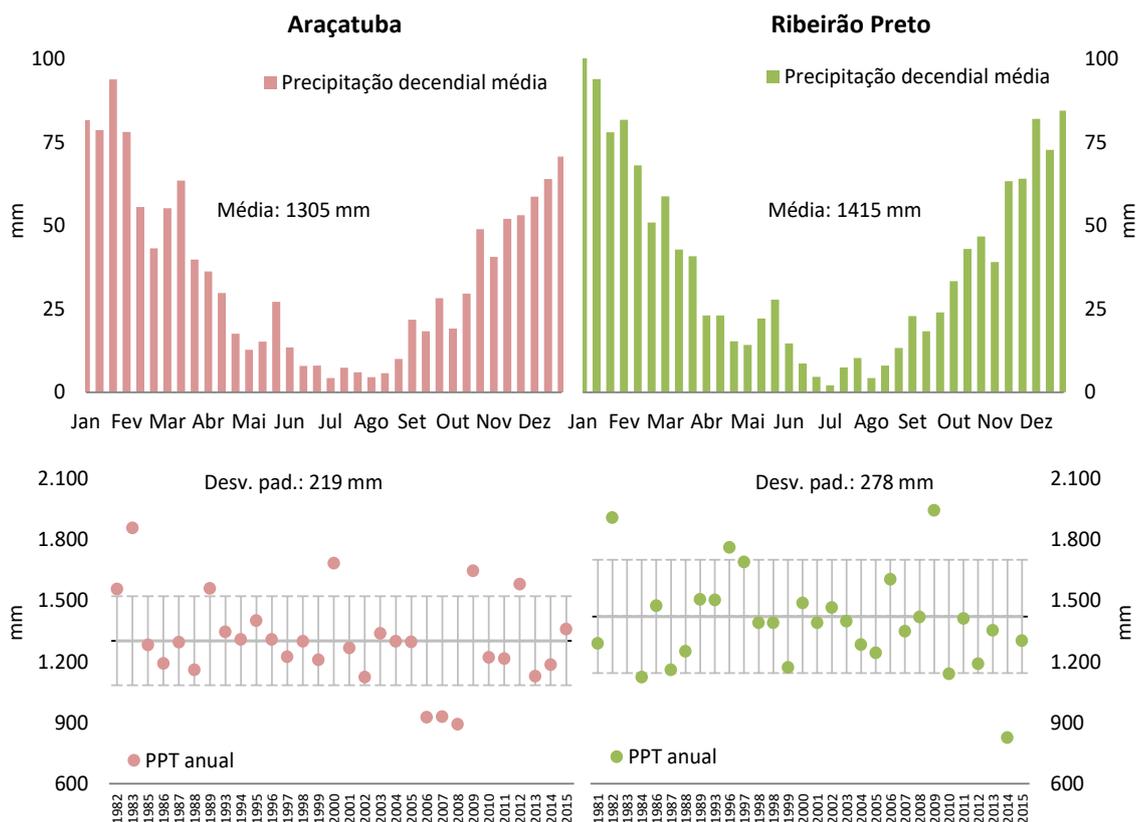


Figura 8. Comparativo climático: precipitação decenal média (histórico 30 anos) de Araçatuba (sup. esq.) e Ribeirão Preto (sup. dir.); dispersão da precipitação anual média de Araçatuba (inf. esq.) e Ribeirão Preto (inf. dir.).

Fonte: INMET.

Contudo, é primordial compreender os três fatores macroclimáticos que influenciam as condições de clima, sendo eles: latitude, altitude e continentalidade. Tais características afetam principalmente a taxa de radiação solar, a temperatura do ar e o padrão de chuvas, com claros reflexos na taxa de evapotranspiração e na disponibilidade hídrica para as culturas agrícolas (CARDOZO, 2013). Para facilitar a compreensão, pode-se generalizar que áreas de menor latitude, de menor altitude e mais distantes do oceano (continentalidade) tendem a apresentar condições climáticas menos favoráveis à produção agrícola da cana-de-açúcar por apresentarem maior restrição hídrica. Como exemplo, as regiões de Ribeirão Preto e Araçatuba estão na mesma latitude (aproximadamente 21°10'S). Entretanto, Ribeirão Preto está a 550 metros de altitude e 370 quilômetros do oceano. Já Araçatuba está a 390 m de altitude e a mais de 500 quilômetros do oceano. As implicações climáticas em ambas as localidades são distintas com reflexos nos desempenhos produtivos.

Para a análise de caracterização climática foram gerados balanços hídricos normais para cada região, calculados pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), a partir de dados

médios decendiais de precipitação e evapotranspiração potencial (ETP) de uma série histórica de 34 anos (1981 a 2015), além da determinação da disponibilidade hídrica regional, com obtenção do déficit hídrico. Sendo assim, para determinar o déficit hídrico regional foram considerados valores de capacidade de água disponível (CAD) distintos devido às características dos solos mais representativos em cada região, com a capacidade média de 60 mm para Araçatuba e 80 mm para Ribeirão Preto.

Para melhor adequação dos resultados dos balanços hídricos, a estimativa da evapotranspiração potencial (ETP) foi feita pelo método de Thornthwaite (1948) e ajustada pela equação proposta por Camargo et al. (1999), em que a temperatura média do ar é substituída pela temperatura efetiva.

$$T_{ef} = 0,36 \cdot [(3 \cdot T_{max}) - T_{min}] \quad (1)$$

Na qual:  $T_{ef}$  é a temperatura efetiva;  $T_{max}$  é a temperatura máxima e  $T_{min}$  é a temperatura mínima, todas em grau Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ). A utilização da temperatura efetiva busca corrigir possíveis subestimativas da variável de temperatura média do ar nos períodos do ano com menor umidade relativa do ar.

Para os cálculos dos balanços hídricos da cultura realizados se considerou na estimativa da  $E_{Tc}$  os valores de coeficientes de cultura ( $K_c$ ) da cana-de-açúcar propostos pelo CTC na Tabela 1:

TABELA 1 - FASES FENOLÓGICAS E VALORES DE COEFICIENTE DE CULTURA ( $K_c$ ) PARA CANA-DE-AÇÚCAR EM FASES DE PLANTA E SOQUEIRA.

Cana	Fase Fenológica	$K_c$	
		Planta	Cana Soca
Brotação		0,40	0,40
Vegetativa I		0,75	0,75
Perfilhamento		0,95	0,95
Vegetativa II		1,10	1,25
Uso de Pico		1,10	1,25
Fim de período vegetativo		0,95	1,00
Maturação		0,80	0,85

Fonte: Centro de Tecnologia Canavieira (2013).

Segundo Taiz & Zeiger, (2004) em condições adversas à disponibilidade hídrica, as plantas apresentam três linhas de defesa para amenizar os efeitos da seca:

1. Redução da área foliar: a planta reduz a perda de água por transpiração;

2. Aprofundamento das raízes: a atividade fotossintética da planta é muito menos atingida do que a expansão foliar, permitindo que maior proporção de assimilados vegetais seja distribuída ao sistema radicular;
3. Fechamento estomático: o estômato fechado reduz perdas de água via transpiração.

As modificações morfofisiológicas nas plantas em resposta ao déficit hídrico, de maneira geral, impactam negativamente no seu crescimento e desenvolvimento ocasionando um conflito entre a conservação da água pela planta e a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> para produção de carboidratos.

A combinação de temperaturas mais altas e elevada radiação solar na região de Araçatuba somada à interação com solos de menor capacidade de armazenamento de água reflete em déficits hídricos médios anuais significativamente mais intensos e com maior frequência de anos críticos. Ao comparar os resultados da Figura 9 a seguir, nota-se uma restrição hídrica bem superior ao observado em Ribeirão Preto.

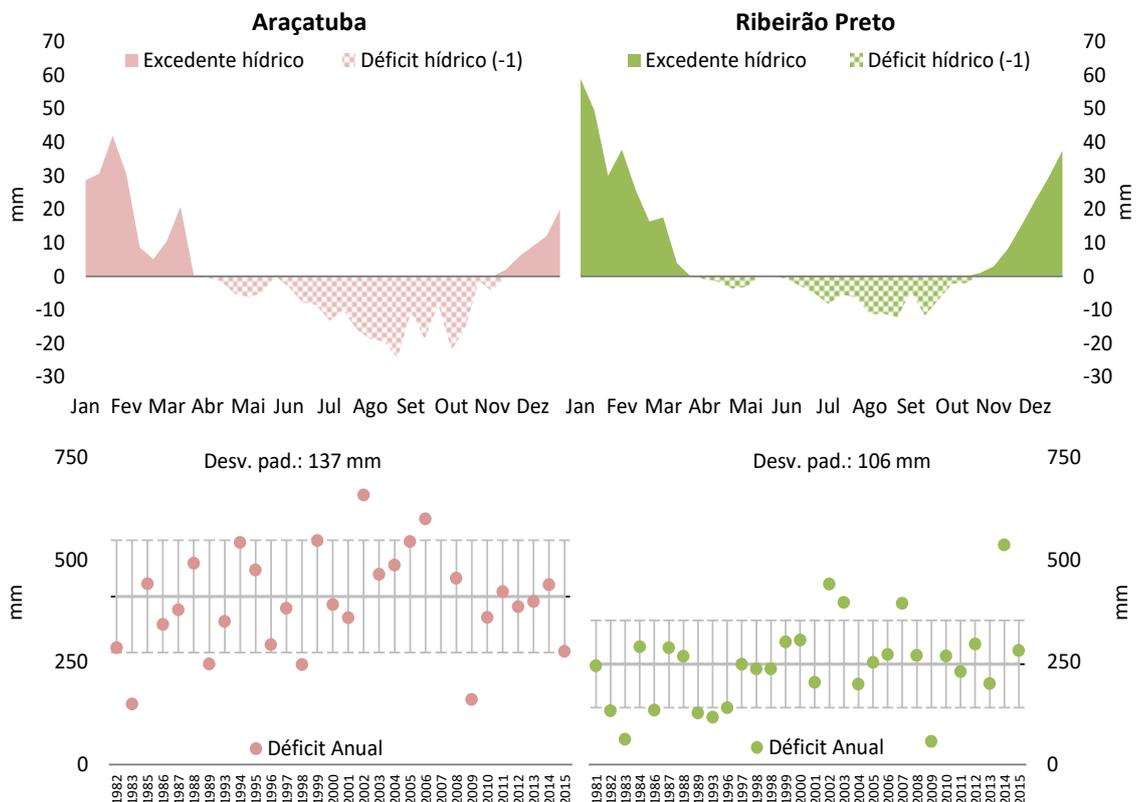


Figura 9. Comparativo climático: balanço hídrico (histórico 30 anos) de Araçatuba (sup. esq.) e Ribeirão Preto (sup. dir.); dispersão do déficit hídrico anual de Araçatuba (sup. esq.) e Ribeirão Preto (sup. dir.).

Fonte: INMET

Uma maneira mais didática de se observar a freqüente e intensa restrição hídrica ao longo dos anos, além da ocorrência de veranicos na região de Araçatuba é através do diagrama de armazenamento relativo de água no solo que compreende uma série de 12 anos (2004 a 2016) na Figura 10. Também é possível comparar com o ambiente de disponibilidade hídrica relativa de Ribeirão Preto, tornando mais simples entender como a falta de água no ambiente afeta às produtividades da cana-de-açúcar em cada uma das regiões.

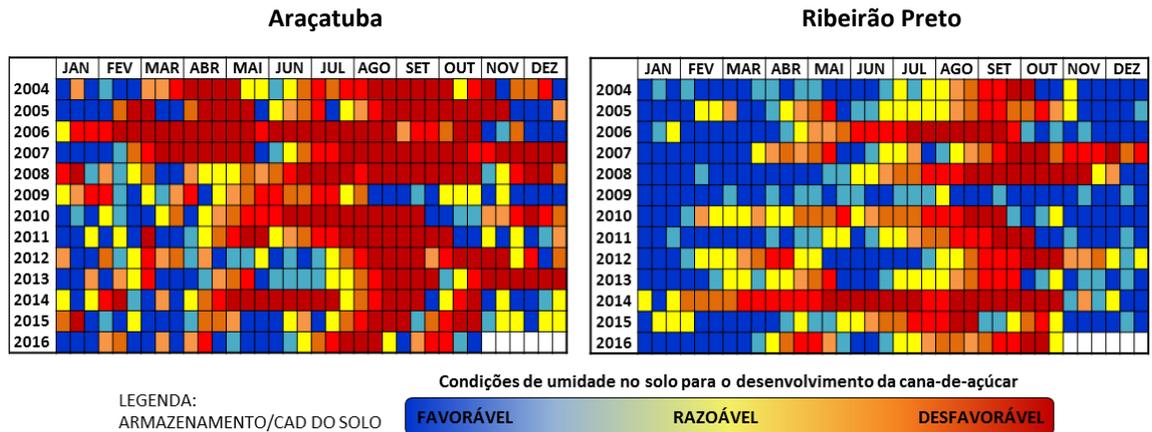


Figura 10. Diagrama: armazenamento relativo de água no solo das regiões de Araçatuba (esq.) e Ribeirão Preto (dir.).

Fonte: INMET.

O conceito de correlação permite que se verifique a relação entre as variáveis propostas. É importante que se verifique a existência da correlação entre as variáveis de *inputs* e *output*, de forma a avaliar se as primeiras possuem poder associativo sobre a segunda. Embora esta associação não tenha poder explicativo, sugere que as variáveis estão relacionadas, de modo que quanto mais próximo o valor da correlação estiver do número 1 e do número -1, maior o grau de associação (SANTANA, PÉRICO & REBELATTO, 2006). Para um olhar mais técnico das interações produtivas nas duas regiões (Araçatuba e Ribeirão Preto) foi analisada a relação de dois indicadores produtivos como variáveis descritivas da produtividade pelas regressões com:

1. Participação percentual (%) de cana planta colhida em relação à área de cana colhida: foi correlacionada com o rendimento agroindustrial médio em toneladas de Açúcares Recuperáveis por hectare (t ATR/ha).
  - 1.1. As lavouras de primeiro corte representam o investimento feito a cada ano no ativo biológico com reflexo na produtividade;

2. O déficit hídrico médio da safra: calculado pelo déficit acumulado por 12 meses antes da colheita em cada mês de safra e ponderado pelo ritmo de colheita ao longo dos meses. Este déficit hídrico médio foi relacionado ao rendimento agroindustrial em t ATR/ha médio de cinco cortes.

2.1. Foi utilizada a média de canaviais até o quinto corte para evitar a influência do envelhecimento das lavouras na relação com a restrição hídrica.

Os resultados apresentados no Gráfico 5 a seguir mostram diferentes relações descritivas entre os fatores analisados das regiões nas últimas cinco safras. Sinteticamente, a produtividade média da região de Ribeirão Preto apresenta forte relação com o investimento em novas lavouras, enquanto o déficit hídrico apresenta maior relação com a produtividade média na região de Araçatuba.

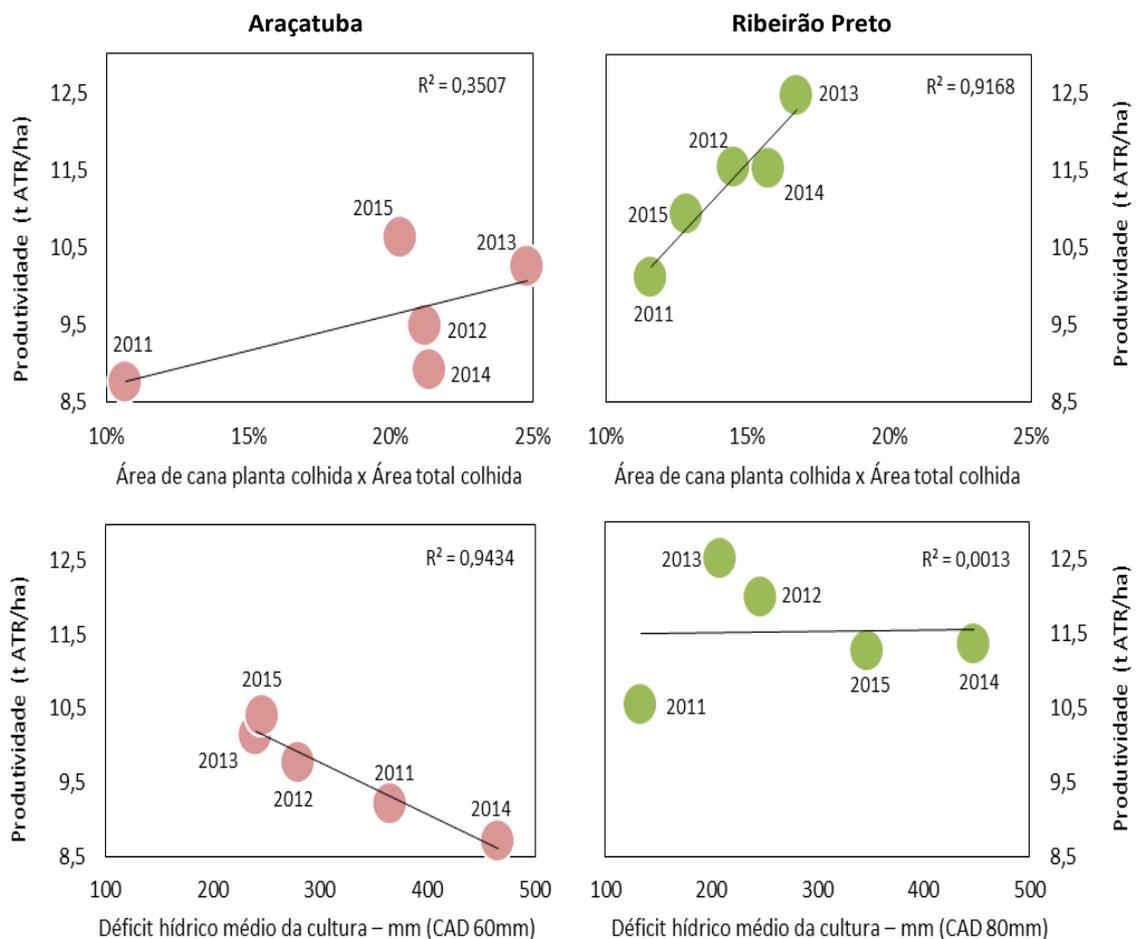


Figura 11. Correlações dos fatores produtivos das safras: participação de cana planta (%) e produtividade agroindustrial (tATR/ha) Araçatuba (esq.) e Ribeirão Preto (dir.); e déficit hídrico (mm/ano) e produtividade agroindustrial (tATR/ha) Araçatuba (esq.) e Ribeirão Preto (dir.).

Fonte: CTC, INMET.

A produtividade média da região de Ribeirão Preto das últimas 5 safras se mostra fortemente relacionadas com o investimento em novas lavouras ( $R^2 = 0,916$ ). Isso significa que quanto maior o investimento em novos canaviais maior a chance de se ter uma maior produtividade média das lavouras. Já a relação com o déficit hídrico ao longo destas safras não apresentou relação com os resultados produtivos.

Por sua vez, a região de Araçatuba apresentou comportamento inverso ao de Ribeirão Preto tendo o déficit hídrico médio apresentado forte relação com a produtividade média (cinco cortes) da região, enquanto que investimentos em novas lavouras não significaram melhores resultados médios.

Uma das possíveis conclusões para esta dinâmica produtiva entre as regiões pode ser explicada pelo fato de quanto mais intenso e duradouro o déficit hídrico, maior a influência na produtividade média da cana-de-açúcar. Portanto, regiões mais secas tendem a apresentar produtividades mais voláteis devido à maior vulnerabilidade climática, além de apresentar menor resposta ao investimento em novos plantios, não que esses não se façam necessários, pelo contrário, são necessárias maiores taxas de renovação das lavouras devido à menor longevidade dos ciclos. O efeito da falta de água suplanta o benefício da maior participação de lavouras novas. Embora o déficit hídrico seja o principal fator de redução da produtividade, ele é um fenômeno importante para a produção de cana-de-açúcar visto que é o principal agente de maturação da cultura nas condições climáticas do Brasil, ao sinalizar para a planta a necessidade de interromper seu desenvolvimento vegetativo e iniciar o acúmulo de sacarose em grandes quantidades.

Independentemente da região produtora uma coisa é fato: todas possuem áreas caracterizadas por solos de baixa fertilidade natural e reduzida capacidade de armazenamento de água. Nesses ambientes de produção mais pobres a restrição hídrica é acentuada ao longo das safras afetando as produtividades com maior impacto nas colheitas tardias. A Tabela 2 apresenta a variação dos déficits hídricos para diferentes ambientes de produção (diferentes capacidades de armazenamento de água) ao longo da safra para na região de Ribeirão Preto, enquanto a Figura 12 apresenta a os déficits hídricos acumulados nos terços da safra por ambiente de produção.

TABELA 2 – DÉFICIT HÍDRICO DAS ULTIMAS CINCO SAFRAS DA REGIÃO DE RIBEIRÃO PRETO POR AMBIENTE DE PRODUÇÃO E MÊS DE COLHEITA.

AMBIENTE DE PRODUÇÃO	ANO	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
<b>B</b> (CAD = 80 mm)	2011	156	132	99	113	123	168	176	186	198
	2012	255	243	241	240	243	275	308	312	303
	2013	230	218	219	203	233	214	179	184	192
	2014	290	327	390	392	456	482	584	565	529
	2015	437	409	374	350	373	278	293	250	250
<b>C</b> (CAD = 60 mm)	2011	162	140	104	124	137	185	193	204	216
	2012	286	274	269	270	273	304	337	342	334
	2013	253	242	244	229	261	236	196	201	209
	2014	317	359	418	417	479	502	604	585	549
	2015	441	414	381	361	386	300	314	269	268
<b>D</b> (CAD = 45 mm)	2011	162	140	104	124	137	185	193	204	216
	2012	286	274	269	270	273	304	337	342	334
	2013	253	242	244	229	261	236	196	201	209
	2014	317	359	418	417	479	502	604	585	549
	2015	441	414	381	361	386	300	314	269	268
<b>E</b> (CAD = 30 mm)	2011	165	146	107	132	149	200	208	218	231
	2012	312	299	292	295	300	331	365	369	361
	2013	274	262	266	252	285	253	210	215	224
	2014	339	386	438	437	496	517	619	600	564
	2015	444	417	387	369	399	320	332	284	282

Fonte: INMET.

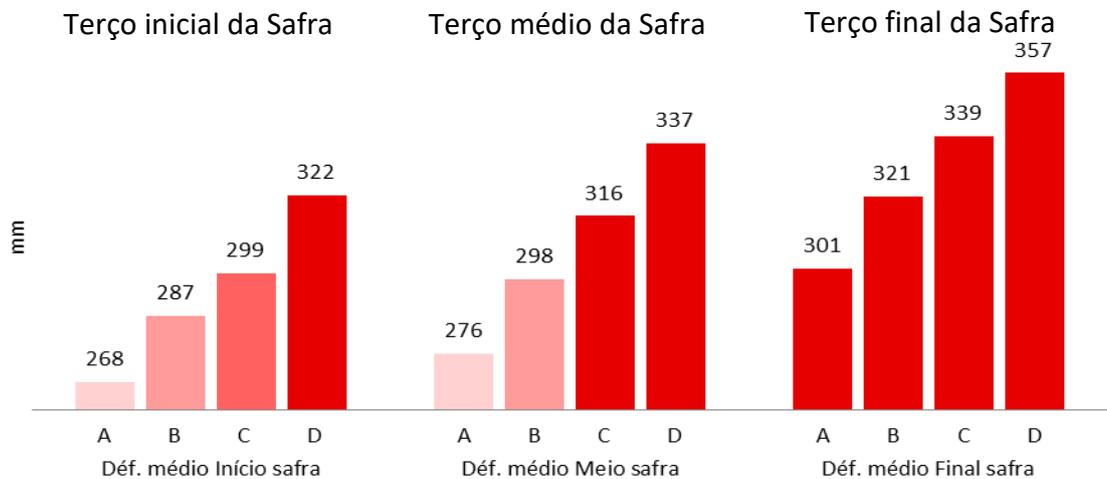


Figura 12. Déficit hídrico médio das últimas cinco safras da região de Ribeirão Preto por ambiente de produção e por período da safra (início, meio e final).

Fonte: INMET.

De fato, por se tratar de uma cultura semi-perene, não tem sido fácil atingir a produtividade e longevidade almejadas da cana-de-açúcar após atravessar vários meses com intenso déficit hídrico em ambientes mais restritivos mesmo em regiões com clima mais “nobre”. Portanto, para equacionar esse desafio é preciso uma nova concepção da cultura, a qual passe sim por técnicas como irrigação, porém em um nível de conhecimento e manejo muito além do que é praticado pelo setor atualmente.

## CANA-DE-AÇÚCAR: IRRIGAÇÃO CONSUMO E PRODUTIVIDADE DA ÁGUA:

A cana-de-açúcar é exigente em água, adaptada aos climas tropical e subtropical, produz relevante quantidade de biomassa (TEJERA et al., 2007), principalmente se adequadamente suprida por água, uma vez que seu sistema de produção é um grande consumidor de água. Um colmo completo composto por 70 a 75% de parte líquida, e 25 a 30% de sólido. Para cada 250 partes de água absorvida, apenas uma parte é retida pela matéria seca, sendo o restante, perdido (CARDOZO, 2013). Sabe-se que, para a formação de 1 quilo de açúcar, a cultura perde em média de 1000 a 2000 quilos de água (HUNSIGI, 1993). Por este motivo, o conhecimento do requerimento hídrico da cana-de-açúcar é de fundamental importância para o manejo eficiente da irrigação. Estimativas confiáveis do uso de água são indispensáveis para a sustentabilidade do sistema de irrigação, pois tendem a reduzir a lixiviação de nutrientes e a degradação dos solos (INMAN-BAMBER; MCGLINCHEY, 2003; INMAN-BAMBER; SMITH, 2005; KJAERGAARD et al., 2008).

Scardua & Rosenfeld (1987), citado por Matioli (1998), compilaram resultados do consumo de água pela cana-de-açúcar de estudos realizados por diversos autores (Tabela 3).

TABELA 3. CONSUMO DE ÁGUA PELA CANA-DE-AÇÚCAR.

AUTOR	ANO	LOCAL	CICLO DA CULTURA	CONSUMO ÁGUA (mm/dia)		
				Máximo	Mínimo	Médio
COX	1960	Havaí	-	8	3,8	-
THOMPSON	1963	África do Sul	-	6	2,2	-
TOSELLO	1966	Brasil	-	3,4	1,3	-
CRUCIANI	1972	Brasil	-	2,8	1,2	-
SOUZA	1974	Brasil	Planta	4,5	2,3	3,6
SOUZA	1975	Brasil	Soca	5	2,2	3,6
LEME	1978	Brasil	Planta	5,6	1,9	3,8
LEME	1978	Brasil	Planta	4,8	1,3	3,2
SCARDUA	1979	Brasil	Planta	4,5	2,3	3,3
SCARDUA	1979	Brasil	Soca	4,4	2,2	3,2
<b>MÉDIA</b>				<b>4,9</b>	<b>2,1</b>	<b>3,5</b>

Fonte: SCARDUA & ROSENFELD (1987) citado por MATIOLI (1998).

Contudo, o consumo diário possui resultados altamente dispersos visto à influência das condições climáticas na demanda hídrica da planta. Além disso, o valor do consumo absoluto não é suficiente para a realização de um manejo da irrigação eficiente na cana-de-açúcar, pois, durante o desenvolvimento e crescimento da cultura ocorrem variações do consumo de água

pela planta que demanda mais ou menos água e, portanto, influenciando a taxa de irrigação em cada fase (COSTA, 2012). Para isto, é necessário conhecer os diferentes consumos ao longo do desenvolvimento da cultura, ou seja, os coeficientes de cultura para os diferentes estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar. O coeficiente de cultura é a relação entre a evapotranspiração máxima da cultura (ETm) e a evapotranspiração de referência (ETo) :  $Kc = ETm / ET$  e variam conforme o tipo de cana manejada e a idade da planta em seu estágio fenológico (Tabela 4).

TABELA 4. COEFICIENTE DA CULTURA (Kc) PARA DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS E CICLOS DE PLANTIO DA CANA-DE-AÇÚCAR.

Cana Planta Ano E Meio			Cana Planta Ano			Cana Soca		
Idade (Meses)	Duração (Dias)	Kc	Idade (Meses)	Duração (Dias)	Kc	Idade (Meses)	Duração (Dias)	Kc
0 - 3	90	<b>0,40</b>	0 - 2	60	<b>0,40</b>	0 - 1	30	<b>0,40</b>
03/abr	30	<b>0,75</b>	02/mar	30	<b>0,75</b>	01/fev	30	<b>0,75</b>
4 - 5,5	45	<b>0,95</b>	3 - 3,5	15	<b>0,95</b>	2 - 2,5	15	<b>0,95</b>
5,5 - 11,5	180	<b>1,1</b>	3,5 - 5,0	45	<b>1,10</b>	2,5 - 5,0	75	<b>1,10</b>
11,5 - 13	45	<b>1,00</b>	05/out	150	<b>1,25</b>	05/out	150	<b>1,25</b>
13 - corte	---	<b>0,75</b>	10/nov	30	<b>0,95</b>	10/nov	30	<b>0,95</b>
			11 - corte	---	<b>0,70</b>	11 - corte	---	<b>0,70</b>

Fonte: Centro de Tecnologia Canavieira (2005).

Embora seja usual relacionar a produtividade da cana com a disponibilidade de água; a relação de 8,0 a 12,0 mm de água evapotranspirada para cada tonelada de cana produzida por hectare, um resumo de diversos trabalhos no mundo como apresentado por Peres (1988) mostram que a relação direta entre o consumo de água pela cana-de-açúcar e a produção de biomassa é muito difícil de ser estabelecida devido a variações como: localização, clima, variedade, manejo, entre outros (Tabela 5).

TABELA 5. CONSUMO DE ÁGUA VERSUS PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR.

Autor	Ano	Local	Ciclo da Cultura	Consumo (mm/t)
CAPBELL et al.	1959	Havaí	Planta	9,4 - 12,9
THOMPSON et al.	1963	Africa do Sul	Planta	5,9 - 10,2
CHAN & WANG	1968	Taiwan	Planta e Soca	4,9
THOMPSON & BOYCE	1971	Africa do Sul	Planta	9,4
THOMPSON	1976	Africa do Sul	1ª Soca	8,9
		Africa do Sul	2ª Soca	8,7
FOGLIATA	1974	Argentina	Planta e Soca	12,3 - 14,9
SHIH & GASCHO	1980	EUA	Planta e Soca	9,2 - 12,2
BARBIERI	1981	Brasil	Planta	8,6
CHANG et al.	1983	Taiwan	Planta	9,3
			1ª Soca	10,5
			2ª Soca	12,7
YANG et al.	1985	Colômbia	Planta	5,2
			1ª Soca	7
<b>Média</b>				<b>9,6</b>

Fonte: PERES (1988).

Ao se considerar o emprego da irrigação na produção agrícola o indicador produtividade da água (PA) é mais adequado em razão de considerar a quantidade total de água utilizada para a produção de biomassa (PEREIRA et. al., 2002). Para o cálculo, se considera o fator “quantidade de água” pelo total de água que entra no sistema produtivo, incluindo-se, neste caso, as perdas por escoamento superficial, o efeito “guarda-chuva” da cultura, a percolação, bem como as perdas inerentes a aplicação via sistemas de irrigação.

Outro ponto que merece destaque na busca da eficiência do uso água é a eficiência de cada sistema de irrigação, ou seja, a fração percentual da água que entra no sistema que é de fato disponibilizada para a planta: sistemas convencionais por superfície apresentam em torno de 50% de eficiência, enquanto aspersão com canhão hidráulico entre 60% e 70%, sistemas de pivô entre 80% e 90% e o gotejamento subterrâneo de 85 a 95% de eficiência (SHOJI, 1977 citado por HUNSIGI, 1993).

Entretanto, como na maioria das regiões produtoras do Brasil o déficit hídrico se intensifica ao longo da safra, tendo os efeitos da sua duração e intensidade refletidos em menores produtividades agrícolas no final da safra, ao se buscar maior equilíbrio da produção ao longo da safra através do uso da irrigação se faz necessário irrigar canaviais já em desenvolvimento avançado. Isso representa um grande desafio para a irrigação aérea por aspersão via pivô. A arquitetura da cana-de-açúcar chega a apresentar um índice de área foliar (IAF) de razão 6, esse índice expressa a razão da área de folhas em relação a superfície projetada no solo. Não foram encontradas referências na literatura que mensurem o efeito “guarda-chuva” da retenção de água pelas folhas de cana-de-açúcar quando irrigada por sistemas aéreos ao longo do ciclo de desenvolvimento da cana. Conquanto, pode-se relacionar que quanto maior o índice de área foliar, maior a retenção de água nas folhas. Por consequência, quanto mais desenvolvido o canavial, menor a produtividade da água aplicada por via aérea. Essa sazonalidade da eficiência da irrigação é ainda mais complexa pelo fato que o período que ocorre a menor produtividade da água, pelo efeito “guarda-chuva”, é o período de maior demanda hídrica da planta. A Tabela 6 resume a relação do índice de área foliar (IAF) e do coeficiente específico da cultura por fase fenológica da planta.

TABELA 6 - FASES FENOLÓGICAS: ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR PARA CANA-DE-AÇÚCAR E COEFICIENTE ESPECÍFICO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO.

Fase Fenológica	IAF - Cana Soca	Kc - Cana Soca
25% de cobertura do solo	2,0	0,40
25-50%	2,5	0,75
50-75%	3,0	0,95
75-100%	3,5	1,25
Máximo Crescimento	4,0	1,25
Senescência	3,5	1,00
Maturação	3,0	0,85

Fonte: Boletim da FAO, nº33, 1994 e Centro de Tecnologia Canaveira (2013)

À vista da maior produtividade da água, o método de irrigação por gotejamento subterrâneo aplica a água gota a gota diretamente na zona radicular da planta, junto com ela também podem ser aplicados fertilizantes e defensivos agrícolas que têm sua eficiência aumentada, além de descartarem a necessidade de operações extras com máquinas agrícolas. Essa técnica consiste na colocação de linhas de mangueiras com bicos gotejadores enterrados próximos das linhas da cana-de-açúcar, e a água é aplicada lentamente, mantendo um bulbo úmido na região do sistema radicular da planta. A Figura 13 apresenta um desenho esquemático dos equipamentos do sistema de irrigação por gotejamento.

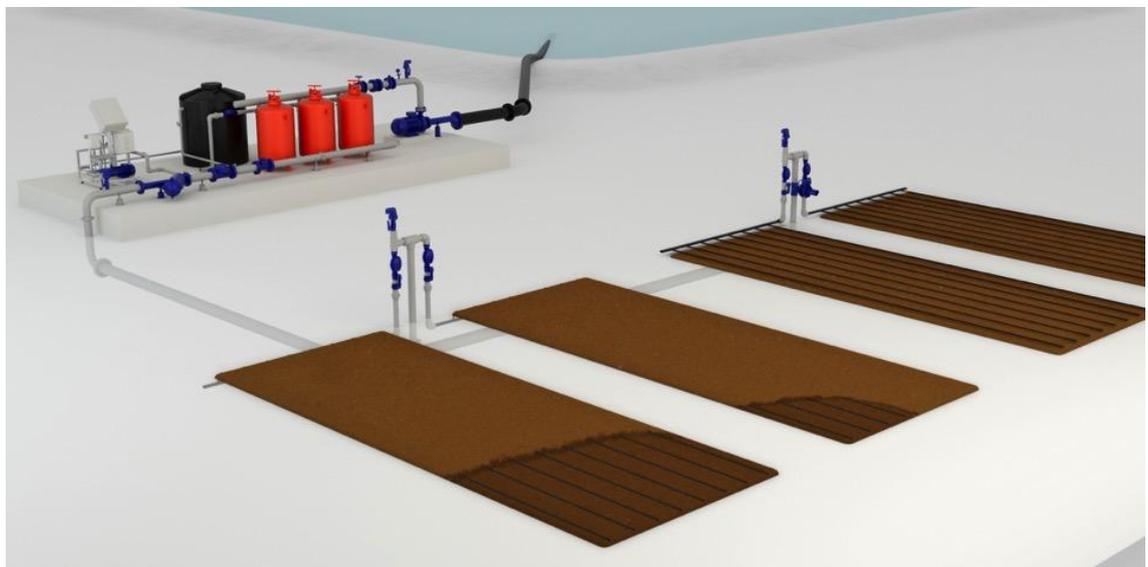


Figura 13. Esquema: módulo de irrigação por gotejamento.

Fonte: Gobbi (2016).

Em relação à arquitetura das lavouras, o espaçamento entre linhas mais usual no setor é de 1,5 metros, já os canaviais irrigados por gotejamento usualmente são plantados mais adensados com linhas duplas entre espaçadas a 0,5 metros e com 1,5 metros entre linhas duplas. A Figura 14 apresenta um esquema de uma lavoura com espaçamento tradicional

irrigada por sistema aéreo comparada a uma lavoura projetada para irrigação por gotejamento subterrâneo:

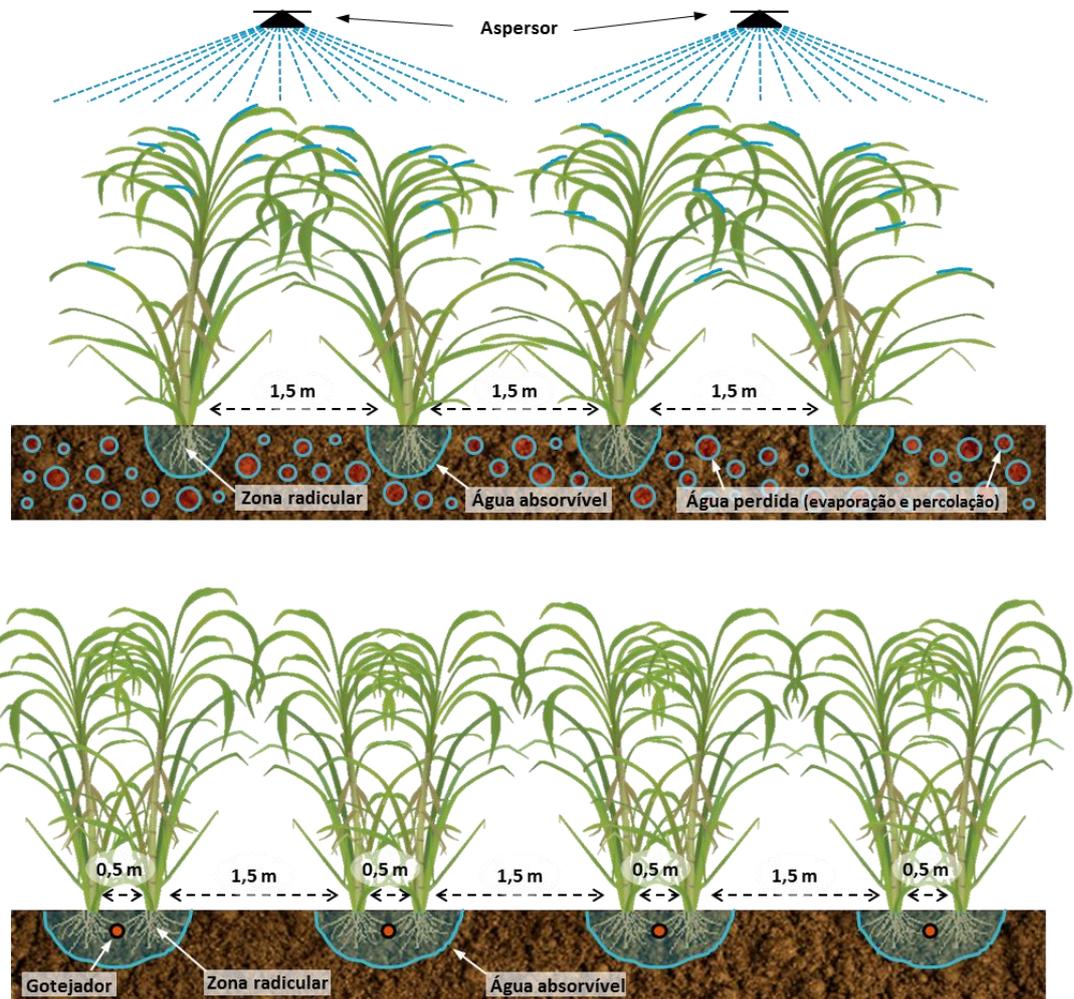


Figura 14. Esquema: lavoura irrigada com aspersão aérea e por irrigação localizada via gotejamento.

Mudanças na arquitetura da lavoura com o aumento do número de linhas apresentam como ganho direto a maior população de colmos por área, que por sua vez gera uma série de benefícios indiretos que vão da menor matocompetição pelo fechamento precoce da cultura à economia de Diesel no processo de colheita face o maior rendimento de colhedoras que passam a colher duas linhas de cana por vez. Além disso, a maior população de plantas está diretamente relacionada com a produtividade agrícola e a longevidade das lavouras.

Um bom exemplo é uma usina 100% irrigada, que obteve produtividade agrícola de lavouras irrigadas por sistemas de gotejamento 65% superior às lavouras irrigadas por pivôs. Enquanto áreas de gotejamento produziram em média 167 toneladas por hectare (t/ha), áreas de pivô produziram 103 t/ha. Ainda mais significativo foi o aumento de 111% da

produtividade da água no sistema de irrigação por gotejamento que demandou 9 mm por tonelada da cana produzida, enquanto na irrigação por pivô a demanda foi de 19 mm. Como resultado comparativo dos sistemas de irrigação, o gotejamento apresentou uma maior produção de biomassa com um menor uso de água (PEREIRA, 2014).

De fato, o manejo adequado e estratégico da água ao longo de todo o ciclo da cana-de-açúcar tem importância fundamental, podendo a produtividade da água ser utilizada como ferramenta para ajustar o planejamento e a tomada de decisão da irrigação e, conseqüentemente, aumentar a produtividade de colmos, açúcar e de etanol, bem como a lucratividade do sistema de produção (INMAN-BAMBER; SMITH, 2005).

## **MÉTODOS ESTRATÉGICOS E FINANCEIROS PARA TOMADA DE DECISÃO:**

A existência de competição por recursos é normal nos ambientes corporativos para que todas as iniciativas consigam atingir o sucesso esperado. A Gestão de Portfólio (GP) procura estabelecer critérios de priorização e seleção de projetos, suas técnicas de avaliação são ferramentas que permitem prever e simular o desempenho das alternativas de investimento de maneira sistemática, oferecendo oportunidade de otimização para o crescimento de longo prazo e a rentabilidade da organização (MIKKOLA, 2001). A GP tem como objetivo secundário o balanceamento e o direcionamento estratégico da organização: o balanceamento busca equilibrar e diversificar o conjunto de iniciativas, considerando sua duração, as fases do desenvolvimento, riscos de mercado e tecnologias; enquanto o direcionamento estratégico busca adequar o portfólio em torno de tecnologias ou mercados fundamentais com o plano estratégico de longo prazo da organização.

Para Kendall e Rollins (2003) a definição da gestão de portfólio é uma competência mais ampla do que os mecanismos de monitoramento de projetos, e pode ser resumidamente explicada em seis itens:

- i. Suportar a determinação de um mix de projetos viável;
- ii. Balancear o portfólio para garantir um correto *trade-off* entre curto *versus* longo prazos, riscos *versus* retorno, pesquisa *versus* desenvolvimento;
- iii. Monitorar o planejamento e execução dos projetos selecionados;
- iv. Analisar o desempenho da carteira de projetos e propor melhorias;
- v. Avaliar novas oportunidades (novos projetos) contra a carteira atual;

- vi. Fornecer informações e recomendações para os tomadores de decisão.

Existem três grandes objetivos para a gestão de portfólio de projetos (COOPER, EDGETT E KLEINSCHMIDT, 2001):

1. *Trade-off*: equilibrar os projetos de acordo com alguns parâmetros, por exemplo, balancear risco *versus* retorno, complexidade *versus* benefício ou projetos curtos *versus* projetos longos;
2. Alinhamento estratégico: assegurar que portfólio de projetos final reflita a estratégia do negócio.

Levin e Rad (2007) definem que o gerenciamento de portfólio é um processo estratégico baseado na missão e visão de longo prazo da Companhia. Embora a estratégia seja um termo amplo com variadas definições entre os autores, é fato que o gerenciamento de portfólio deve trabalhar alinhado ao planejamento estratégico na elaboração e implementação de decisões sobre o futuro da organização.

Dessa maneira, a tomada de decisão deve contemplar escolhas consistentes priorizando a maximização do valor para a organização dada as limitações impostas. O processo decisório deve ser lógico e objetivo, isto é, definir o problema com cuidado, definir uma meta clara e específica e, diante deste cenário, escolhe a melhor alternativa para maximizar sua meta definida (ROBBINS E DECENZO, 2004). Para a tomada de decisão final sobre um determinado investimento, é necessário o estabelecimento de regras com a finalidade de formalizar o processo e especificar certas condições, definindo um determinado projeto como viável (DAMODARAN, 1994).

As organizações buscam obter o máximo de lucros por unidade de capital empregado em cada projeto, a rentabilidade do projeto, que pode ser expressa como o percentual que os lucros anuais representam em relação ao capital empregado para obtê-los.

Segundo Rebelatto (2016) uma avaliação financeira de projeto deve contemplar as seguintes análises:

1. Análise de Solidez: avaliação preliminar que determina se o projeto está completo, com coerência entre as conclusões das etapas (check-list) e sem erros fundamentais.

1.1. Os principais erros geralmente encontrados são: capital social incompatível com os investimentos; localização inviável; nível de produção incompatível com estudo de mercado; engenharia pouco detalhada; custos e receitas com incoerências; rentabilidade incompatível com os níveis da economia.

2. Análise de Consistência: observa a precisão dos métodos utilizados, a credibilidade das premissas, as margens de segurança que sustentam a confiabilidade do projeto, além de testar o tratamento da viabilidade operacional.

3. Análise do Mérito Financeiro: análise da rentabilidade simples, do tempo de retorno do capital, da taxa interna de retorno (TIR), do valor presente líquido (VPL), e do Fluxo de Fundos Líquido do projeto.

É usual a utilização de indicadores econômico-financeiros para avaliação de projetos e investimentos, entre eles, os métodos financeiros mais utilizados nas organizações contemporâneas são (COOPER, 2000):

1. Fluxo de Caixa;
2. Tempo de Retorno (Payback);
3. Valor Presente Líquido (VPL);
4. Taxa Interna de Retorno (TIR);
5. Retorno do Investimento (ROI);
6. Valor Comercial Esperado (ECV);
7. Valor Econômico Agregado (EVA).

O resultado de uma análise financeira é a estimativa do impacto, através de alguns indicadores, que um determinado projeto pode representar sobre a situação atual da organização. Devendo assim, definir um horizonte temporal para a análise e seguir uma mesma regra para todas as alternativas. Além de contemplar todos os custos, sejam operacionais ou de investimentos, e receitas avaliados com base em preços de mercado (COSTA, 2012).

## **MÉTODOS QUANTITATIVOS NA ANÁLISE DE INVESTIMENTOS**

### **2.1.1. MODELAGEM FINANCEIRA**

A modelagem financeira através de métodos quantitativos busca expor as relações entre os itens pesquisados, tendo por propósito oferecer aos gestores análises sobre as tendências futuras do seu negócio. A dinâmica da modelagem goza do risco de se replicar para o futuro padrões e resultados do passado, portanto, é primordial fazer uma avaliação crítica das variáveis de entrada dos modelos. Moore & Weatherford (2001) já alertavam que: "um modelo é a cuidadosa seleção da abstração da realidade refletindo suas crenças sobre a casualidade.", livre tradução. Para simular as projeções financeiras das empresas a construção de modelos determinísticos contempla os demonstrativos racionais, sendo os principais: Demonstrativo de Resultados do Exercício (DRE), Balanço Patrimonial (BP) e Fluxo de Caixa (FC).

A Demonstração de Resultados (DRE) aponta o resultado obtido pela empresa em um determinado período de tempo, ou seja, representa o lucro ou o prejuízo realizado pela companhia durante um determinado exercício. Esta demonstração representa as receitas, despesas e custos acumulados durante o período em questão (SILVA, 2007). Tendo como principais contas:

1. Receitas líquidas;
2. Custo de insumos e matéria prima;
3. Despesas operacionais;
4. Despesas financeiras;
5. Despesas e receitas não operacionais;
6. Lucro antes dos impostos, depreciação e amortização;
7. Lucro antes dos impostos
8. Lucro líquido.

A DRE é inteiramente contabilizada em regime de competência, e não em regime caixa. De modo que as contas demonstradas na DRE em sua grande maioria não significam fluxos de entrada ou saída de caixa no período determinado pela DRE, fluxos estes podendo ocorrer em períodos posteriores ou anteriores ao resultado reportado (GONÇALVES, 2010).

O Balanço Patrimonial (BP), também contabilizado por regime de competência, é uma das principais demonstrações na qual se pode apurar a situação patrimonial e financeira em

um determinado instante de tempo. Presente nesta demonstração os Ativos, os Passivos e o Patrimônio Líquido da entidade. O BP é publicado de forma comparativa, possibilitando a apuração da mudança dos números da empresa ao longo do tempo.

A Equação Fundamental do Patrimônio é dada por:

$$\text{ATIVO TOTAL} = \text{PASSIVO TOTAL} + \text{PATRIMÔNIO LÍQUIDO}$$

Segundo Silva (2007), o ativo representa onde a empresa aplicou os recursos que dispõe, ou seja, seus bens de direito. Pode-se dividir o Ativo Total em dois componentes:

1. Ativo Circulante: representa as disponibilidades mais os bens e direitos da empresa realizáveis no curto prazo, ou seja, em menos de um exercício.
2. Ativo Não Circulante: pode ser dividido em dois grupos:
  - 2.1. Realizável a Longo Prazo: é composto pelos bens e direitos realizáveis após um ano;
  - 2.2. Ativos Fixos: abrange todas as aplicações feitas pela empresa com característica permanente.

A possibilidade de aplicação de recursos em ativos é proveniente da captação de dívida ou do capital de sócios. O patrimônio líquido e o passivo total são as contas que demonstram a fonte desses recursos.

O Passivo Total também pode ser dividido em dois grupos:

- (i) Passivo Circulante: dívidas de curto prazo da empresa, ou seja, com vencimento de até um ano.
- (ii) Passivo Não Circulante: todas as dívidas da companhia com vencimento maior que um ano.

O Patrimônio Líquido é a conta que aponta todos os recursos provenientes dos sócios da empresa decorrentes de investimento de capital feito pelos sócios ou por retenção de lucros da empresa.

O Fluxo de Caixa (FC) é um dos instrumentos considerados de maior importância para os analistas por proporcionar a identificação do processo de circulação de dinheiro, através da

variação de caixa e equivalentes (SILVA, 2007). O Demonstrativo de Fluxo de Caixa (DFC) identifica todas as mudanças ocorridas no caixa da companhia ao longo de determinado exercício. Por ser apurado em regime de caixa, pode ser comparado entre o BP e a DRE que são contabilizados por competência, de forma a identificar qual foi o caixa efetivamente gerado pela empresa no final do período. Desta maneira é possível descobrir o fluxo de caixa gerado para os financiadores, ou seja, credores e acionistas, assim como o fluxo gerado apenas para os acionistas (GONÇALVES, 2010).

Para a estruturação completa do modelo, além dos demonstrativos já abordados, é necessário que se determine minuciosamente cada uma das premissas necessárias à sua construção (SOARES, 2006), entre elas:

1. Estimativas de produção e vendas.
2. Preços unitários para cada um dos produtos
3. Informações gerais sobre impostos associados às vendas.
4. Detalhamento geral dos custos fixos e custos variáveis unitários.
5. Investimentos previstos no ativo imobilizado e possível impacto na capacidade produtiva ou nos custos operacionais.
6. Critérios de depreciação do ativo imobilizado, com definição da parcela alocada a custo de produção.
7. Venda de ativo imobilizado (seu valor de venda e valor contábil residual).

Algumas destas variáveis serão mais críticas que outras, com suas variações sendo capaz de gerar grandes impactos nos resultados da empresa. Estas variáveis devem receber um tratamento estocástico. No qual, os limites de variação para estas variáveis, bem como sua distribuição de probabilidades de ocorrência, poderão ser definidos por exame de séries históricas ou através da percepção de especialistas.

### **2.1.2. VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)**

O VPL é a forma de seleção e priorização mais simples e utilizada nos dias de hoje. Para elaborar a lista de projetos mais importante da organização através deste indicador basta calcular o VPL de cada iniciativa e classificá-lo de acordo com o resultado obtido do maior para o menor, onde os projetos no topo desta lista, até a disponibilidade de recursos, são os

projetos autorizados e priorizados pela Companhia (COOPER; EDGETT; KLEINSCHMIDT, 2001). O VPL de um projeto de investimento é o valor atual das entradas de caixa, os retornos de capital esperados, incluindo o valor residual (se houver) menos o valor atual das saídas de caixa, os investimentos realizados (REBELATTO, 2004).

Uma vez calculado o VPL, a regra para tomada de decisão é simples. Quando o VPL é maior que zero, deve-se aceitar o projeto, caso contrário o projeto deve ser rejeitado. (DAMODARAN, 2004). Entre projetos, o maior valor de VPL representa a melhor alternativa. Contudo, o VPL gera distorções quando são comparados investimentos com horizontes de planejamento diferentes, nos quais, projetos de maior horizonte tendem a apresentar melhores resultados. Sua apuração consiste em descapitalizar todos os fluxos de caixa e trazer para a data zero (REBELATTO, 2016), podendo ser descrito pela equação:

$$VPL = \left[ \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \frac{FC_3}{(1+i)^3} + \frac{FC_4}{(1+i)^4} + \dots + \frac{CF_n}{(1+i)^n} \right] - FC_0$$

Na qual:

FC<sub>0</sub> = fluxo de caixa verificado no momento zero (inicial), podendo ser um investimento, empréstimo ou financiamento;

FC<sub>n</sub> = representa o valor de entrada (ou saída) previsto para cada intervalo de tempo;

i = Taxa de desconto<sup>1</sup>;

n = período de tempo

<sup>1</sup>A taxa de desconto é a taxa de juros aplicada sobre os valores futuros. Na análise de investimentos deve se utilizar a Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

A TMA deve ser estabelecida de acordo com a relação entre custo de oportunidade e custo de capital, que levam em consideração o retorno que investimentos de risco semelhante e o custo das fontes de financiamento, respectivamente.

### 2.1.3. TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)

A taxa interna de retorno de um projeto é a taxa de desconto cujo valor presente das receitas se iguala ao valor presente dos desembolsos, podendo ser entendida como a taxa de

remuneração do capital. Desse modo, a TIR é a taxa de desconto que torna nulo o valor presente líquido do projeto (OLIVEIRA, 2008).

Quando a TIR apresenta valor superior ao da taxa mínima de atratividade significa que o projeto é economicamente viável. Uma vantagem deste método é que ele permite a comparação com taxas de investimento de mercado. Contudo, priorizar projetos através deste indicador pode levar a conclusões inconsistentes, pois nem sempre os projetos com TIR mais alta maximizarão o valor da empresa, visto que não estamos avaliando o risco, nem a escolha de investimento para a execução dos projetos (DAMODARAN, 2004). O mesmo autor reitera dois pontos de atenção em relação a este método:

1. Quando o fluxo de caixa possui inversões de sinal, a equação da TIR fica com múltiplas soluções, mais de um resultado matemático;
2. A TIR não pode ser avaliada caso a alternativa analisada não tenha um custo inicial.

A TIR pode ser obtida pela equação:

$$TIR = \left[ \frac{FC_1}{(1+TIR)^1} + \frac{FC_2}{(1+TIR)^2} + \frac{FC_3}{(1+TIR)^3} + \frac{FC_4}{(1+TIR)^4} + \dots + \frac{CF_n}{(1+TIR)^n} \right] - FC_0$$

Sendo:

$FC_0$  = fluxo de caixa verificado no momento zero (inicial), podendo ser um investimento, empréstimo ou financiamento;

$FC_n$  = representa o valor de entrada (ou saída) previsto para cada intervalo de tempo;

TIR = Taxa Interna de Retorno.

Em síntese, a utilização da taxa de interna de retorno isoladamente pode levar a escolha de projetos de alta rentabilidade ao invés de projetos com VPL superior. O racional de cálculo da TIR assume que os fluxos de caixas intermediários do projeto serão financiados ao longo do tempo a taxas iguais à TIR efetiva, o que não é comprovado na realidade. Para corrigir esta possível falha, deve se utilizar da taxa interna de retorno modificada (TIRM) que define uma taxa de desconto mais realista para o reinvestimento dos fluxos intermediários, minimizando a deficiência do método original (DAMONDARAN, 2004).

#### **2.1.4. PAYBACK DESCONTADO**

É o tempo que leva para o investimento inicial ser recuperado. O método consiste em mostrar quanto tempo um investimento leva para ser ressarcido considerando uma taxa de juros para realizar o cálculo do período gasto. Ou seja, calculado a partir de um fluxo de caixa descontado, trazido a para a data zero utilizando-se uma TMA e acumulado até atingir equivalência com o investimento (REBELATTO, 2016).

Normalmente esta regra é utilizada como item secundário de avaliação e é definido um tempo esperado de retorno do investimento para as iniciativas, de acordo com as características e tipos de projetos. Portanto, aprovam-se projetos que possuem tempo inferior a este definido pela organização ou, entre projetos, o de menor payback é o melhor investimento para a Companhia (DAMODARAN, 2004).

#### **2.1.5. RETORNO DO INVESTIMENTO (ROI)**

Derivado do termo em inglês Return On Investment (ROI) é um indicador de projetos que avalia o retorno obtido em detrimento ao investimento. A fórmula geral para este indicador é (KASSAI, 2006):

$$\text{ROI} = \text{LUCRO} / \text{INVESTIMENTO}$$

Quando analisado entre projetos, a melhor iniciativa é a que possui maior retorno sobre o investimento. Esta relação é uma forma simplificada para medir o retorno líquido de uma determinada iniciativa com o capital investido. Entretanto, esta regra de avaliação de projetos não leva em consideração o risco envolvido para executar ou implementar a iniciativa, assim como não consegue quantificar os bens intangíveis contidos na mesma (KASSAI, 2006).

### **3. ANÁLISE DA VIABILIDADE DE UM PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO.**

#### **A MODELAGEM TÉCNICA-FINANCEIRA DA EMPRESA**

O modelo determinístico desenvolvido para a simulação da viabilidade de um projeto de irrigação por gotejamento foi construído com um robusto conjunto de variáveis técnicas relevantes para possibilitar um flexível dimensionamento operacional do negócio. O modelo permite projetar o resultado de uma usina em dois cenários distintos: realidade tecnológica atual sem a adoção do projeto de irrigação por gotejamento e realidade tecnológica atual com a estruturação do projeto de irrigação por gotejamento. Portanto, a análise comparativa busca ir além da viabilidade do projeto de irrigação isoladamente, mas busca analisar todos os ganhos que ele pode trazer ao fluxo de valor da usina.

Uma usina sucroenergética é uma unidade agroindustrial composta por ciclos operacionais agrícolas, logísticos e industriais distintos e interdependentes nos quais a operação agrícola tem a maior participação na formação do custo dos produtos vendidos, seguida pelas as operações de logística interna (colheita e transporte) e pelo processo de industrialização. O fato dominante de uma usina é que todos os resultados do complexo produtivo dependem da produção das lavouras, que por sua vez é vulnerável às volatilidades climáticas, o que torna a previsibilidade e a rentabilidade do negócio complexas. Por tanto, é fundamental entender como esses ciclos operacionais se comportam à produtividade das lavouras e como são afetados os desempenhos e resultados do complexo produtivo. Para isso, uma série de indicadores de rendimentos operacionais e produtivos foi implantada no modelo para permitir dimensionar os benefícios dos ganhos de produtividade no campo à operação agrícola e industrial como um todo.

O modelo tem como premissa geral os valores nominais calculados, ou seja, valores correntes efetivos nos respectivos anos em que estes ocorrem e se adotou a simplificação de fluxos de caixas anuais. As entradas e saídas de caixa ocorrem ao longo do ano, contudo para efeito de modelagem foi considerado apenas um fluxo de caixa que será a soma destes. O horizonte da análise foi estabelecido em 11 anos, o primeiro ano contempla a implantação do projeto, seguido por um ciclo produtivo de 10 cortes da lavoura, portanto, 10 anos de

exaustão. Não foram considerados valores residuais de máquinas e equipamentos de irrigação ao final do período analisado.

A Figura 15 apresenta o fluxograma das operações mecanizadas estruturadas no modelo com relações dinâmicas ao desempenho agrícola das lavouras.

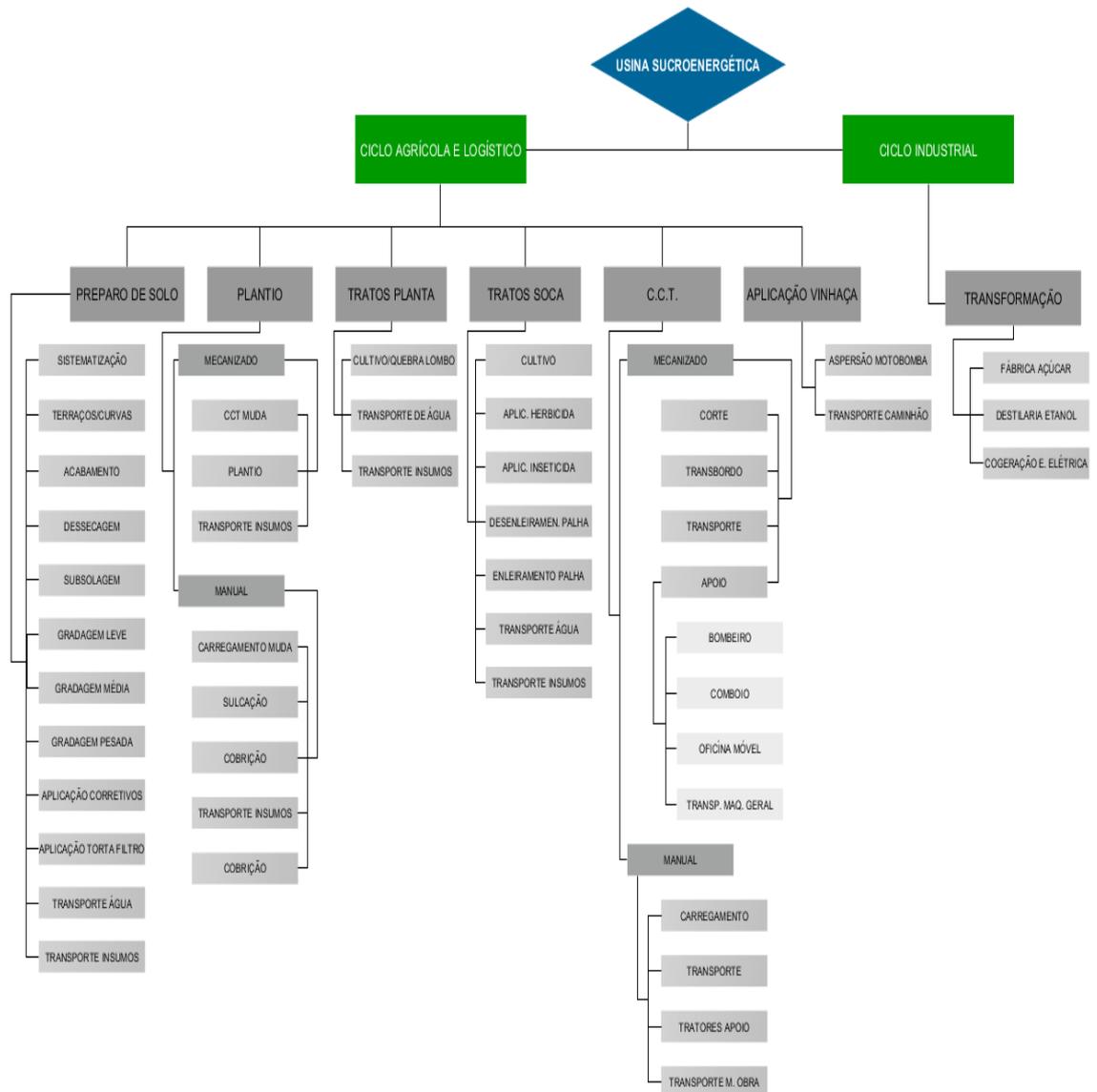


Figura 15. Fluxograma: operações estruturadas no modelo por premissas técnicas.

O modelo foi arquitetado para adaptar-se à realidade das usinas com pequenos ajustes de acordo com a realidade produtiva de cada unidade. Com os *inputs* da usina, ou seja, as variáveis relevantes, é possível por meio de um seletivo grupo de indicadores, gerar um macro dimensionamento geral. E, para uma melhor adesão, pode-se ajustar indicadores operacionais mais específicos visando a adequação à realidade da operação de cada unidade produtora de cana-de-açúcar. A Tabela 7 apresenta o *layout* condensado do modelo desenvolvido.





## PREMISSAS DA USINA MODELADA

Embora os dados usados como premissas não sejam de uma usina específica, buscou-se tratar com muito critério todas as premissas técnicas assumidas no modelo para condizer com o desempenho médio de uma usina na região proposta, Araçatuba, no Estado de São Paulo. Muitos dos indicadores utilizados são dados médios de companhias que participam de análises de *benchmark*, sempre com o cuidado de se trabalhar com valores médios de cinco safras, safra 2011 à safra 2015, as quais já apresentavam alto índice de mecanização e resultados com grandes variações em função de fatores climáticos e de investimento nas lavouras. Além disso, alguns critérios e premissas técnicas mais específicas foram discutidos e apresentados por especialistas técnicos de vasta experiência nos temas. Para uma abordagem finda da simulação é necessário que todas as variáveis pertinentes sejam adicionadas. Das premissas de *inputs* do modelo, a Tabela 10 contempla os valores assumidos para esta análise.

TABELA 10 – PREMISSAS DE ENTRADA DO MODELO.

Premissas do Modelo		
<b>INDICADORES OPERACIONAIS</b>		
Capacidade Moagem	'000 t	Araçatuba 3.000
Produção Cana Fornecedores	'000 t	0
Cogeração - Potência Instalada	MW	80
Cogeração - Caldeira Instalada	t/h	175
Área de Produção TOTAL	hectares	40.000
Longevidade da lavoura	cortes	5,00
Reforma: Ano e Meio	%	50,00%
Reforma: Ano	%	50,00%
Plantio Mecanizado	%	99%
Colheita Mecanizado	%	99%
Espaçamento	metros entre sulcos	1,5
Raio Médio Antes do Projeto	km	30
TCH Médio Usina	t cana/hectare	72
TCH Muda	t cana/hectare	65
ATR	kgATR/t cana	130,2
Fibra	%	13,3%
Dias de Safra	nº dias	255
Arrendamento	t cana/hectare	18,50
Desenleiramento de Palha	% da área de colheita	50%
Fosfatagem	% da área de colheita	70%
<b>IRRIGAÇÃO ATUAL</b>		
Área - Aspersão Convencional Portátil - Elétrico	hectares	5.000
Área - Aspersão Convencional Portátil - Diesel	hectares	8.000
Área - Vinhaça Caminhão	hectares	8.000
Lâmina - Aspersão Convencional Portátil	mm	60
Lâmina - Vinhaça Caminhão	mm	10
Turnos de Trabalho	turno de trabalho	3
<b>MIX DE AÇÚCAR</b>		65,0%
VHP	%	100,0%
<b>MIX DE ETANOL</b>	%	35,0%
Hidratado	%	15,0%
Anidro	%	85,0%

Com a adição das variáveis pertinentes é possível gerar os resultados do cenário “atual”, que considera a continuidade do nível tecnológico da usina, sem considerar ganhos de produtividade ou investimentos em novos projetos. Entre os demonstrativos, alguns indicadores do desempenho técnico podem ser apreciados na Tabela 11 a seguir.

TABELA 11 – INDICADORES TÉCNICO-OPERACIONAIS.

Demonstrativos Técnicos		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Produtividade Agrícola	t /ha	72	71	72	72	72	72	72	72	72	72	72
Idade Média	anos	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Rendimento de Colhedoras	t /dia	485	479	484	483	483	483	483	483	483	483	483
Cana Própria - Mecanizada	'000 t	2.465	2.432	2.459	2.457	2.457	2.457	2.457	2.457	2.457	2.457	2.457
Cana Própria - Manual	'000 t	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Moagem - Total	'000 t	2.490	2.456	2.484	2.482	2.482	2.482	2.482	2.482	2.482	2.482	2.482
ANO - Renovação	ha	5.544	3.465	3.465	3.465	3.465	3.465	3.465	3.465	3.465	3.465	3.465
ANO E MEIO - Renovação	ha	1.386	3.465	3.465	3.465	3.465	3.465	3.465	3.465	3.465	3.465	3.465
Muda	ha	1.463	1.463	1.463	1.463	1.463	1.463	1.463	1.463	1.463	1.463	1.463
Taxa de Plantio	%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%
Área Total	ha	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000
Área Colheita S/Projeto	ha	34.650	34.650	34.650	34.650	34.650	34.650	34.650	34.650	34.650	34.650	34.650
Área Tratos de Soca	ha	27.720	27.720	27.720	27.720	27.720	27.720	27.720	27.720	27.720	27.720	27.720
Área Tratos de Planta	ha	8.393	8.393	8.393	8.393	8.393	8.393	8.393	8.393	8.393	8.393	8.393
Área Colheita - Sequeiro	ha	13.650	13.650	13.650	13.650	13.650	13.650	13.650	13.650	13.650	13.650	13.650
Aspersão portátil - Elétrico	ha	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Aspersão portátil - Diesel	ha	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Vinhaça Caminhão	ha	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000

Os resultados de moagem da matéria prima da indústria, a cana-de-açúcar, em biomassa e em açúcares recuperados totais (ART), o indicador que melhor aponta o desempenho da matéria prima, podem ser observados na Tabela 12. Assim como as produções finais de açúcar, etanol e energia elétrica da usina.

TABELA 12 – INDICADORES DA PRODUÇÃO DA USINA SEM O PROJETO.

Produção		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Moagem	'000 ton	2.490	2.456	2.484	2.482	2.482	2.482	2.482	2.482	2.482	2.482	2.482
Moagem ART	'000 ton	332,8	328,2	331,9	331,6	331,6	331,6	331,6	331,6	331,6	331,6	331,6
Açúcar VHP	000 ton	223.064	220.032	222.467	222.293	222.287	222.287	222.287	222.287	222.287	222.287	222.287
Et. Hidratado	'000 m³	10.426	10.285	10.398	10.390	10.390	10.390	10.390	10.390	10.390	10.390	10.390
Etanol Anidro	'000 m³	55.334	54.582	55.186	55.143	55.142	55.142	55.142	55.142	55.142	55.142	55.142
Energia	MWh	123.528	124.467	123.713	123.767	123.769	123.769	123.769	123.769	123.769	123.769	123.769

Além das premissas técnicas operacionais, o modelo foi estruturado para gerar relatórios do consumo de alguns insumos essenciais à produção como o consumo de óleo Diesel por grupo de operação agrícola como pode ser analisado na Tabela 13.

TABELA 13 – CONSUMO DE DIESEL DA USINA POR OPERAÇÃO AGRÍCOLA.

Consumo de Diesel		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
<b>Operações</b>												
(-) Preparo de Solo	('.000 l)	1.211	1.211	1.211	1.211	1.211	1.211	1.211	1.211	1.211	1.211	1.211
(-) Plantio	('.000 l)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
(-) Tratos Planta	('.000 l)	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111
(-) Tratos Soca	('.000 l)	652	652	652	652	652	652	652	652	652	652	652
(-) CCT	('.000 l)	6.395	6.394	6.395	6.395	6.395	6.395	6.395	6.395	6.395	6.395	6.395
(-) Fertirrigação	('.000 l)	786	786	786	786	786	786	786	786	786	786	786
<b>Volume de Diesel</b>	('.000 l)	<b>9.655</b>	<b>9.654</b>	<b>9.655</b>								
<b>Consumo de Diesel</b>	l Diesel/t cana	<b>3,88</b>	<b>3,93</b>	<b>3,89</b>								

Vistos alguns dos principais indicadores técnicos e operacionais para situar o patamar operacional da usina analisada, é possível evoluir para as projeções do Demonstrativo de Resultados do Exercício (DRE) da unidade produtora com uma maior clareza dos fundamentos produtivos que sustentam os resultados apresentados na Tabela 14 a seguir.

TABELA 14 – DEMONSTRATIVO DE RESULTADOS (DRE) DA USINA EM MIL R\$.

DRE		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Moagem	t	2.490	2.456	2.484	2.482	2.482	2.482	2.482	2.482	2.482	2.482	2.482
(+) Receita Líquida	R\$	407.137	402.070	406.139	405.848	405.838	405.838	405.838	405.838	405.838	405.838	405.838
Receita Açúcar	R\$	283.738	279.881	282.978	282.757	282.749	282.749	282.749	282.749	282.749	282.749	282.749
Receita Etanol	R\$	101.366	99.988	101.095	101.016	101.013	101.013	101.013	101.013	101.013	101.013	101.013
Receita Energia	R\$	22.033	22.201	22.066	22.076	22.076	22.076	22.076	22.076	22.076	22.076	22.076
(-) CPV	R\$	-298.601	-298.321	-298.383	-298.379	-298.378	-298.378	-298.378	-298.378	-298.378	-298.378	-298.378
(-) Custos Industriais	R\$	-64.133	-64.057	-64.118	-64.114	-64.114	-64.114	-64.114	-64.114	-64.114	-64.114	-64.114
(-) Custo op. Cana	R\$	-234.468	-234.263	-234.265	-234.265	-234.265	-234.265	-234.265	-234.265	-234.265	-234.265	-234.265
(-) Mão de obra	R\$	-46.292	-46.089	-46.089	-46.089	-46.089	-46.089	-46.089	-46.089	-46.089	-46.089	-46.089
(-) Insumos	R\$	-54.531	-54.531	-54.531	-54.531	-54.531	-54.531	-54.531	-54.531	-54.531	-54.531	-54.531
(-) Manutenção	R\$	-29.618	-29.618	-29.618	-29.618	-29.618	-29.618	-29.618	-29.618	-29.618	-29.618	-29.618
(-) Combustíveis	R\$	-32.690	-32.688	-32.690	-32.689	-32.689	-32.689	-32.689	-32.689	-32.689	-32.689	-32.689
(-) Arrendamentos	R\$	-57.310	-57.310	-57.310	-57.310	-57.310	-57.310	-57.310	-57.310	-57.310	-57.310	-57.310
(-) Depreciação	R\$	-14.027	-14.027	-14.027	-14.027	-14.027	-14.027	-14.027	-14.027	-14.027	-14.027	-14.027
<b>(=) Lucro Bruto</b>	<b>R\$</b>	<b>108.536</b>	<b>103.749</b>	<b>107.756</b>	<b>107.470</b>	<b>107.459</b>						
Margem Bruta	%	26,7%	25,8%	26,5%	26,5%	26,5%	26,5%	26,5%	26,5%	26,5%	26,5%	26,5%
(-) SG&A	R\$	-22.908	-22.908	-22.908	-22.908	-22.908	-22.908	-22.908	-22.908	-22.908	-22.908	-22.908
(-) Desp. Comerciais	R\$	-40.297	-39.750	-40.190	-40.158	-40.157	-40.157	-40.157	-40.157	-40.157	-40.157	-40.157
<b>(=) EBIT</b>	<b>R\$</b>	<b>45.331</b>	<b>41.092</b>	<b>44.659</b>	<b>44.403</b>	<b>44.394</b>						
Margem Operacional	%	11,1%	10,2%	11,0%	10,9%	10,9%	10,9%	10,9%	10,9%	10,9%	10,9%	10,9%
<b>EBITDA Ajustado</b>	<b>R\$</b>	<b>59.358</b>	<b>55.119</b>	<b>58.686</b>	<b>58.430</b>	<b>58.421</b>						
Margem EBITDA Ajustado	%	14,6%	13,7%	14,4%	14,4%	14,4%	14,4%	14,4%	14,4%	14,4%	14,4%	14,4%

Demonstrados os principais apontamentos técnicos e resultados da usina de cana-de-açúcar analisada no modelo, é possível estabelecer o fluxo de caixa do cenário que servirá como base comparativa para o estudo de viabilidade dos resultados com o projeto de irrigação por gotejamento. A Figura 16 apresenta a projeção do fluxo de caixa para o horizonte projetado de 11 anos.

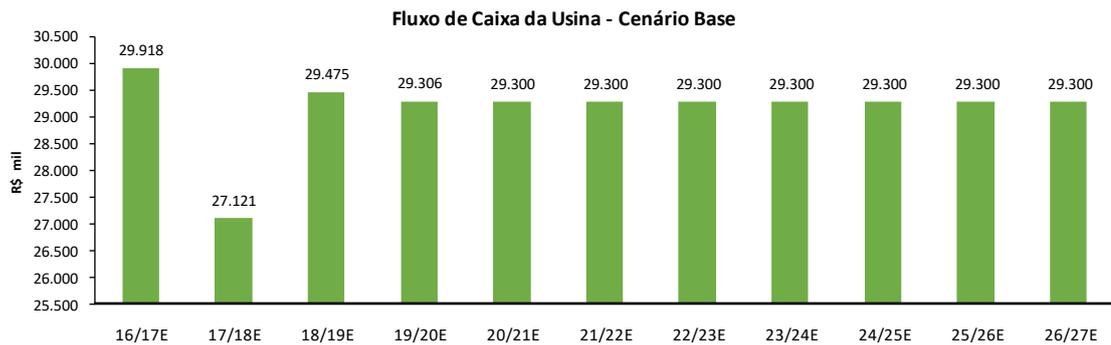


Figura 16. Projeção: fluxo de caixa da usina cenário base, sem o projeto.

É possível notar que a safra 2017 apresenta uma menor geração de caixa devido à concentração dos plantios, exclusivamente neste ano, na modalidade de ano (12 meses) com uma proporção de 80%, ao invés de 50% dos demais anos. Esse ajuste foi feito para que tornar possível a implantação de um plantio de 4.000 hectares do projeto sem interferir no cenário base agrícola da usina. Dessa maneira, os dois cenários, atual e com o projeto comungam das mesmas premissas.

## PREMISSAS DO PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

O projeto de irrigação por gotejamento foi simulado no modelo de viabilidade com uma parcela de implementação correspondente a 10% da área produtiva da usina (4.000 hectares) e planejado a partir de uma série de premissas técnicas e operacionais. Os indicadores foram obtidos através do conhecimento técnico de especialistas da área de irrigação e agricultura, além de dados de projetos que utilizam esse tipo de tecnologia em escala e com histórico de resultados.

Para o dimensionamento adequado do projeto é necessário o preenchimento de algumas premissas técnicas específicas como *inptus* do projeto no modelo, a Tabela 15 apresenta os dados para o projeto estruturado.

TABELA 15 – PREMISSAS DE ENTRADA DO PROJETO NO MODELO.

<b>Inputs Projeto de Irrigação</b>		
<b>ÁREA DE SUBSTITUIÇÃO PARA O PROJETO</b>		
Substituição de Sequeiro	ha	4000
<b>PREMISSAS TÉCNICAS</b>		
Período de Plantio		12 Meses
Produtividade Média	t/ha	115
Horizonte da análise	anos	11
Longevidade da lavoura	anos	10
Distância de Recalque (m)	m	1.500
Distância da Rede Elétrica (m)	m	1.500
Potência Instalada (cv/ha)	cv/ha	1,0
Raio Médio (km)	km	15
Velocidade média Colheita (km/h)	km/h	3,5
N. de sulcos colhidos (linhas)	linhas	2,0
Espaçamento (metros entre sulcos)	m	1,5 x 0,5 x 1,5
Turno Irrigação		3

Uma das variáveis com maior impacto descritivo nos resultados é a produção de biomassa por área, a produtividade agrícola do projeto. Dessa forma, o padrão produtivo estabelecido para este estudo foi fruto da análise de dados históricos de projetos que produzem em escala com a tecnologia de gotejamento. Mesmo assim, para manter o caráter conservador da análise de viabilidade, foi considerado um crescimento médio de 12 toneladas de cana por mês, abaixo da média dos projetos existentes, com um decaimento da produtividade agrícola ao evoluir dos cortes de 4,6%, combinação que resulta em uma produtividade média anual de 115 toneladas por hectare no ciclo de 10 anos. As produtividades por estágio de corte assumidas para o projeto podem ser analisadas na Figura 17 a seguir.

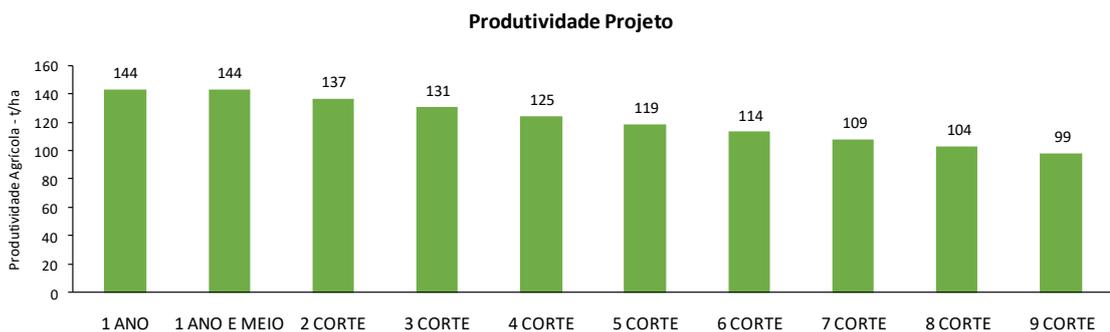


Figura 17. Produtividade agrícola (t/ha) estimada do projeto por estágio de corte.

Com a entrada das premissas necessárias do projeto se torna possível analisar os demonstrativos técnicos e financeiros específicos do projeto, como apresentado na tabela 16. É importante ressaltar que nem todas as contas estão demonstradas, os custos comuns já estão na operação do complexo agroindustrial, como por o exemplo os custos de corte, transbordo e

transporte da cana (CTT). O demonstrativo de resultados do projeto da Tabela 16 apresenta apenas os custos e produções adicionais específicos para a implantação do projeto. Os demais custos foram contemplados pela modelagem, porém serão analisados adiante na DRE da usina que contempla o cenário com o projeto de irrigação.

TABELA 16 – DEMONSTRATIVOS DOS RESULTADOS ESPERADOS (DRE) ADICIONAIS DO PROJETO.

DRE		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
PRODUÇÃO	mil t		576	550	524	500	477	455	434	414	395	377
Produtividade Agrícola	t/ha		144	137	131	125	119	114	109	104	99	94
RENDIMENTO Colheita	t/dia		862	822	784	748	714	681	650	620	591	564
(-) CPV	R\$ mil	-11.534	-12.507	-12.299	-12.100	-11.911	-11.730	-11.558	-11.394	-11.237	-11.087	-10.825
(-) MÃO DE OBRA	R\$ mil	-723	-723	-723	-723	-723	-723	-723	-723	-723	-723	-604
(-) INSUMOS	R\$ mil	-8.509	-8.366	-8.158	-7.959	-7.770	-7.589	-7.417	-7.253	-7.096	-6.946	-6.804
(-) MANUTENÇÃO	R\$ mil	0	-1.116	-1.116	-1.116	-1.116	-1.116	-1.116	-1.116	-1.116	-1.116	-1.116
(-) COMBUSTÍVEIS	R\$ mil	-2.302	-2.302	-2.302	-2.302	-2.302	-2.302	-2.302	-2.302	-2.302	-2.302	-2.302

Por se tratar da análise da viabilidade de um projeto que demanda um significativo investimento, é importante discriminar o *capex* envolvido nas etapas do projeto: aquisição dos materiais, obras civis e implantação do sistema de irrigação por gotejamento. A Tabela 17 apresenta os valores assumidos como premissas no modelo. Os valores foram obtidos com empresas da área de irrigação, usinas e prestadores de serviços, contudo, não representam a realidade de nenhum projeto específico. Esses valores podem sofrer grandes variações de acordo com características como: distância das fontes de água e energia, topografia da área, lâmina do projeto, espaçamento entre tubos gotejadores, automação do projeto, entre outros.

TABELA 17 – DEMONSTRATIVOS DOS RESULTADOS ESPERADOS (DRE) ADICIONAIS DO PROJETO.

CAPEX PROJETO	R\$/hectare	'000 R\$
<b>Total</b>	14.532	<b>58.126</b>
<b>Infraestrutura</b>		
Bombas / Recalque	1.200	4.800
Energia Elétrica	26	105
<b>On-farm</b>		
<b>Equipamentos de Irrigação</b>	11.600	46.400
Obras civis	190	760
Mão de Obra / Máquinas	1.515	6.061

Com o projeto estruturado e as premissas específicas demonstradas, há fundamentação suficiente para compreender os resultados que o projeto de irrigação gera na usina como um todo. Os indicadores relevantes do cenário com o projeto, que considera os ganhos de produtividade e investimentos do projeto de gotejamento são apresentados na Tabela 18.



(-) CCT	('.000 l)	6.186	6.420	6.414	6.408	6.402	6.396	6.392	6.387	6.382	6.378	6.374
(-) Fertilização	('.000 l)	786	786	786	786	786	786	786	786	786	786	786
<b>Volume de Diesel</b>	('.000 l)	<b>9.247</b>	<b>9.286</b>	<b>9.280</b>	<b>9.273</b>	<b>9.268</b>	<b>9.262</b>	<b>9.257</b>	<b>9.253</b>	<b>9.248</b>	<b>9.244</b>	<b>9.239</b>
<b>Consumo de Diesel</b>	l Diesel/t cana	<b>3,71</b>	<b>3,44</b>	<b>3,46</b>	<b>3,46</b>	<b>3,47</b>	<b>3,47</b>	<b>3,50</b>	<b>3,52</b>	<b>3,55</b>	<b>3,57</b>	<b>3,60</b>

Apresentados os principais indicadores e resultados operacionais da usina, as projeções do Demonstrativo de Resultados do Exercício (DRE) da unidade contemplado o projeto de irrigação nos resultados é apresentada na Tabela 21 a seguir.

TABELA 21 – DEMONSTRATIVO DE RESULTADOS (DRE) DA USINA EM MIL R\$ COM O PROJETO.

DRE		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Moagem	t	2.490	2.700	2.684	2.684	2.673	2.667	2.646	2.625	2.605	2.586	2.568
(+) Receita Líquida	R\$	407.148	438.511	436.062	436.118	434.534	433.606	430.414	427.280	424.290	421.437	418.716
Receita Açúcar	R\$	283.746	307.618	305.754	305.796	304.590	303.885	301.455	299.069	296.794	294.622	292.551
Receita Etanol	R\$	101.369	109.897	109.231	109.247	108.816	108.564	107.696	106.843	106.030	105.255	104.515
Receita Energia	R\$	22.033	20.996	21.077	21.075	21.127	21.158	21.263	21.367	21.466	21.560	21.650
(-) CPV	R\$	-301.830	-303.299	-302.875	-302.657	-302.426	-302.214	-301.978	-301.730	-301.514	-301.307	-300.991
(-) Custos Industriais	R\$	-64.133	-64.605	-64.568	-64.569	-64.545	-64.531	-64.483	-64.436	-64.391	-64.348	-64.307
(-) Custo op. Cana	R\$	-237.697	-238.694	-238.307	-238.088	-237.881	-237.683	-237.495	-237.294	-237.122	-236.959	-236.684
(-) Mão de obra	R\$	-46.516	-46.407	-46.407	-46.407	-46.407	-46.407	-46.407	-46.385	-46.385	-46.385	-46.266
(-) Insumos	R\$	-52.724	-51.381	-51.173	-50.974	-50.785	-50.604	-50.432	-50.268	-50.111	-49.961	-49.819
(-) Manutenção	R\$	-29.618	-31.785	-31.785	-31.785	-31.785	-31.785	-31.785	-31.785	-31.785	-31.785	-31.785
(-) Combustíveis	R\$	-33.692	-33.815	-33.796	-33.775	-33.757	-33.740	-33.724	-33.709	-33.695	-33.681	-33.667
(-) Arrendamentos	R\$	-57.310	-57.310	-57.310	-57.310	-57.310	-57.310	-57.310	-57.310	-57.310	-57.310	-57.310
(-) Depreciação	R\$	-17.836	-17.996	-17.836	-17.836	-17.836	-17.836	-17.836	-17.836	-17.836	-17.836	-17.836
<b>(=) Lucro Bruto</b>	<b>R\$</b>	<b>105.317</b>	<b>135.212</b>	<b>133.187</b>	<b>133.460</b>	<b>132.108</b>	<b>131.393</b>	<b>128.436</b>	<b>125.550</b>	<b>122.776</b>	<b>120.130</b>	<b>117.725</b>
Margem Bruta	%	25,9%	30,8%	30,5%	30,6%	30,4%	30,3%	29,8%	29,4%	28,9%	28,5%	28,1%
(-) SG&A	R\$	-22.908	-22.908	-22.908	-22.908	-22.908	-22.908	-22.908	-22.908	-22.908	-22.908	-22.908
(-) Desp. Comerciais	R\$	-40.299	-43.689	-43.424	-43.430	-43.259	-43.159	-42.814	-42.475	-42.152	-41.843	-41.549
<b>(=) EBIT</b>	<b>R\$</b>	<b>42.111</b>	<b>68.615</b>	<b>66.855</b>	<b>67.122</b>	<b>65.941</b>	<b>65.326</b>	<b>62.714</b>	<b>60.167</b>	<b>57.717</b>	<b>55.379</b>	<b>53.268</b>
Margem Operacional	%	10,3%	15,6%	15,3%	15,4%	15,2%	15,1%	14,6%	14,1%	13,6%	13,1%	12,7%

Com os principais apontamentos técnicos e resultados da usina de cana-de-açúcar demonstrados, o fluxo de caixa do cenário com o projeto de irrigação por gotejamento pode ser observado na Figura 18.

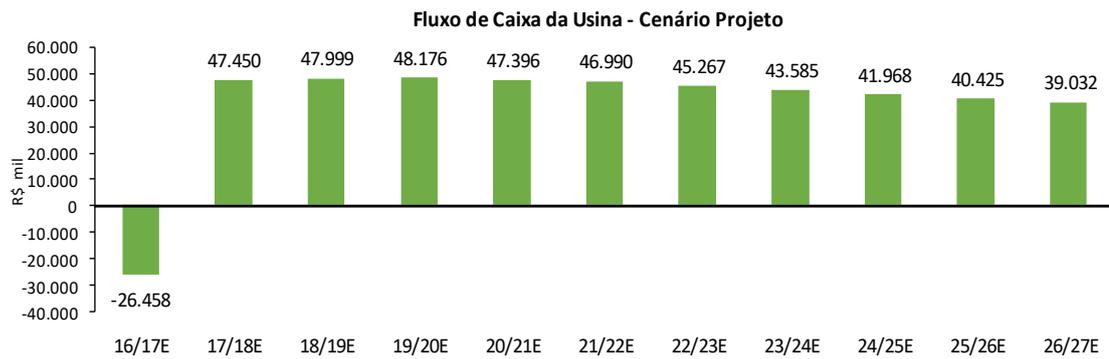


Figura 18. Projeção: Fluxo de caixa da usina cenário projeto.

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para uma análise mais ampla dos benefícios do projeto de gotejamento na usina foi estruturado um comparativo dos demonstrativos de resultado dos cenários com e sem o projeto. Essa comparação pode ser minuciosamente analisada ano a ano do horizonte de 11 anos civis e 10 safras de produção do projeto. A Tabela 22 apresenta o comparativo dos resultados médios do horizonte analisado.

TABELA 22 – COMPARATIVO DA DRE DA USINA SEM E COM O PROJETO EM R\$/T DE CANA MOÍDA.

Comparativo DRE - R\$ por t de cana moída	Média Ciclo Análise		
	Cenário Atual	Cenário Proposta	Dif.
Receita Líquida	164	164	0,0
(-)CPV	-123,8	-116,6	7,2
(-) Custos industriais	-25,9	-24,4	1,4
(-) Custo operacional da cana-de-açúcar	-98,0	-92,2	5,8
(-) Preparo de Solo	-4,7	-4,3	0,4
(-) Plantio	-4,2	-4,0	0,3
(-) Tratos Planta	-9,8	-8,1	1,7
(-) Tratos Soca	-17,4	-15,5	1,9
(-) CCT	-16,9	-16,1	0,8
(-) Arrendamentos	-23,1	-21,9	1,2
(-) Administrativo	-2,9	-2,7	0,2
(-) Irrigação	-13,3	-12,9	0,4
(-) Depreciação	-5,7	-6,8	-1,1
<b>(=) Lucro Bruto</b>	<b>43</b>	<b>48</b>	<b>5,0</b>
<i>Margem Bruta</i>	<i>26,4%</i>	<i>29,6%</i>	<i>3,2%</i>
(-) SG&A	-9	-9	0,6
(-) Despesas Comerciais	-16	-16	0,0
<b>(=) EBIT</b>	<b>18</b>	<b>23</b>	<b>5,5</b>
<i>Margem Operacional</i>	<i>10,9%</i>	<i>14,4%</i>	<i>3,5%</i>
(+/-) Resultado Financeiro	0	0	0,0
<b>(=) EBT</b>	<b>18</b>	<b>23</b>	<b>5,5</b>
(-) I.R E CSLL	-6	-8	-1,9
<b>(=) Lucro Líquido</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>3,7</b>
<i>Margem Líquida</i>	<i>7,2%</i>	<i>9,5%</i>	<i>2,3%</i>
<b>EBITDA Ajustado</b>	<b>23</b>	<b>30</b>	<b>7</b>

**Margem EBITDA Ajustado**

14,3%

18,5%

4,2%

A DRE comparativa mostra que a organização do processo produtivo com a expansão da oferta dos produtos finais com o projeto de irrigação é desproporcional ao aumento do custo de produção unitário, em R\$ por tonelada de cana-de-açúcar processada, caracterizando o aumento dos fatores produtivos e, portanto, uma economia de escala que se estende por todo o fluxo de valor da unidade agroindustrial. Essa economia de escala proporciona uma margem EBITDA de 18,5% da usina analisada, um aumento de 4,2 pontos percentuais em relação à margem no cenário base, sem o projeto.

A economia de escala nos fatores produtivos na média do horizonte do projeto pode ser resumida através da análise dos principais indicadores agroindustriais descritivos apresentados na Tabela 23:

TABELA 23 – COMPARATIVO DOS INDICADORES AGROINDUSTRIAIS.

<b>Indicadores Agroindustriais</b>		<b>Média Ciclo Análise</b>		
		<b>Cenário Atual</b>	<b>Cenário Proposta</b>	<b>Dif.</b>
Moagem Total	'000 t	2.480	2.642	7%
Produtividade Agrícola	t cana/ha	71,6	75,9	6%
Rendimento de Colhedoras	t/máq/dia	483	512	6%
Consumo de Diesel	l/t cana	3,89	3,51	-10%
Idade Média	anos	3,22	3,53	10%
Área de Plantio	hectares	6.930	6.053	-13%
Disponibilidade de Área para Colheita	%	87%	78%	-10%
Utilização da Capacidade Industrial	%	83%	88%	5%

O aumento de 7% da oferta de cana-de-açúcar para a usina, que passa a moer 2,642 milhões de toneladas de cana ante 2,480 milhões de toneladas no cenário base, também proporciona o aumento da capacidade produtiva através da redução de 5 pontos percentuais da ociosidade fabril da indústria, que passa a ter uma taxa de utilização de 88% de sua capacidade.

O projeto de irrigação por gotejamento, por proporcionar maior produtividade e longevidade da lavoura irrigada, mesmo ocupando apenas 10% da área produtiva da usina (4.000 hectares), gera um aumento na produtividade geral da usina de 6%, que passa de 71,6 para 75,9 t/ha. O fato das lavouras do projeto se manterem produtivas pelo dobro do tempo

(10 anos) impacta em aumento de 10% na idade média, que passa de 3,22 para 3,53 anos. Esse envelhecimento permite uma redução da área anual de renovação (plantio) da usina de 6.930 hectares para 6.053 hectares por ano, uma diminuição de 13%.

Já o consumo de óleo Diesel, combustível poluente não renovável do qual o ciclo produtivo da cana-de-açúcar é altamente dependente, apresenta uma redução média de 565,8 mil litros por safra, esse ganho se dá, principalmente, devido à:

1. Maior eficiência de Corte, Transbordo e Transporte (CTT): aumento do desempenho das máquinas de colheita pelo maior volume de biomassa por área e ganho logístico pelo menor raio médio de transporte;
2. Redução de operações agrícolas: aplicação de fertilizantes e defensivos pelo sistema de irrigação;
3. Maior longevidade da lavoura: a redução da demanda de replantio pelo maior ciclo produtivo da lavoura reduz a demanda de todas as operações de preparo de solo e plantio.

A redução do consumo de Diesel por operação agrícola pode ser observada na tabela 24 que estratifica os resultados comparativos do cenário com o projeto *versus* o cenário base. O aumento no consumo nas operações de Corte, Transbordo e Transporte (CTT) nas cinco primeiras safras ocorre devido à produção de cana-de-açúcar em volumes bem superiores ao cenário base causando um aumento absoluto do consumo nesta operação, porém com um menor consumo específico por unidade produzida, neste caso, por tonelada de cana colhida.

TABELA 24 – REDUÇÃO DO CONSUMO DE DIESEL COM O PROJETO.

Redução Consumo Diesel		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
<b>Operações</b>												
(-) Preparo de Solo	'000 l	-12,22	-170,78	-170,78	-170,78	-170,78	-170,78	-170,78	-170,78	-170,78	-170,78	-170,78
(-) Plantio	'000 l	-3,36	-47,02	-47,02	-47,02	-47,02	-47,02	-47,02	-47,02	-47,02	-47,02	-47,02
(-) Tratos Planta	'000 l	-1,12	-15,67	-15,67	-15,67	-15,67	-15,67	-15,67	-15,67	-15,67	-15,67	-15,67
(-) Tratos Soca	'000 l	-181,97	-160,62	-160,62	-160,62	-160,62	-160,62	-160,62	-160,62	-160,62	-160,62	-160,62
(-) CCT	'000 l	-208,93	25,65	19,18	12,84	7,16	1,60	-3,27	-7,96	-12,47	-16,83	-21,02
<b>Consumo de Diesel</b>	'000 l	<b>-407,60</b>	<b>-368,44</b>	<b>-374,92</b>	<b>-381,25</b>	<b>-386,94</b>	<b>-392,50</b>	<b>-397,37</b>	<b>-402,05</b>	<b>-406,57</b>	<b>-410,92</b>	<b>-415,12</b>
<b>Consumo de Diesel</b>	l/t	<b>-0,16</b>	<b>-0,49</b>	<b>-0,43</b>	<b>-0,44</b>	<b>-0,42</b>	<b>-0,42</b>	<b>-0,39</b>	<b>-0,37</b>	<b>-0,34</b>	<b>-0,32</b>	<b>-0,29</b>

Apresentados os resultados comparativos do projeto no fluxo de valor produtivo da usina, com os impactos na operação, há suporte para a visão comparativa do fluxo de caixa da usina. Para a construção da análise que sustenta a viabilidade do projeto, tomou-se como resultado a

diferença do fluxo de caixa da usina no cenário base pelo fluxo de caixa com a adesão do projeto de irrigação.

As Figuras 19 e 20 apresentam os resultados absolutos dos fluxos de caixa do “cenário base” e do “cenário projeto”, respectivamente:

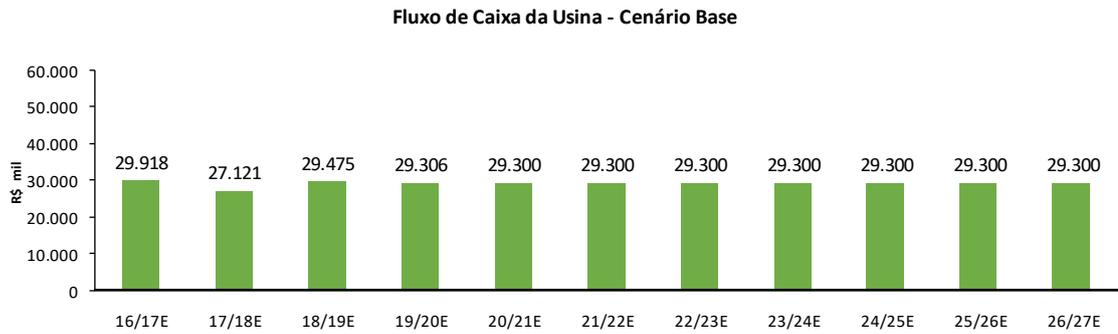


Figura 19. Fluxo de caixa projetado da usina cenário base, sem o projeto.

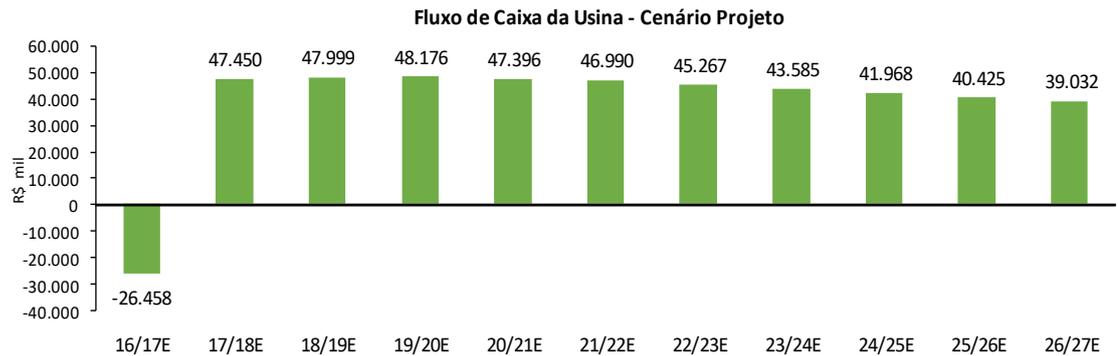


Figura 20. Fluxo de caixa projetado da usina cenário com o projeto.

A diferença entre os fluxos de caixa da usina nos dois cenários resulta no fluxo de caixa do projeto, apresentado na Figura 21.

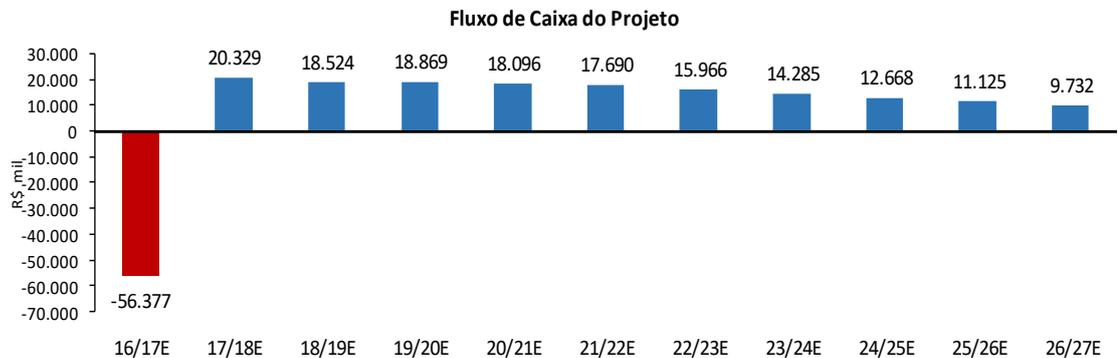


Figura 21. Fluxo de caixa projetado do projeto.

A análise da viabilidade do projeto de irrigação por gotejamento, gerada a partir do fluxo de caixa comparativo, é convergida através dos indicadores econômicos para auxiliar na tomada de decisão da aprovação, ou não, do projeto na unidade sucroenergética.

A Tabela 25 apresenta os principais indicadores da viabilidade do projeto:

TABELA 25 – INDICADORES ECONÔMICO-FINANCEIROS DO PROJETO.

Indicadores Financeiros	
VPL (TMA 10,0%)	45.657
TIR	29,1%
<i>Payback</i> Descontado	4 anos
ROI	2,8

A análise dos indicadores econômico-financeiros mostra a viabilidade do projeto, com uma geração de valor presente descontado à uma TMA de 10% de R\$ 45,657 milhões. Com uma taxa interna de retorno de 29,1% e o *payback* descontado no quarto ano e um retorno de 2,8 vezes o investimento. Entretanto, postos os indicadores da análise de viabilidade, cabe à direção da usina a tomada de decisão quanto à execução do projeto, fase em que deve ser levado em consideração a gestão de portfólio de investimentos e a estratégia da companhia, visto à competição por recursos no ambiente empresarial.

#### 4. Conclusões

A construção do modelo de análise econômico-financeira engrenado por premissas técnicas permitiu mensurar as relações entre os fatores produtivos e seu reflexo nos resultados de uma agroindústria de cana-de-açúcar.

Entre os critérios utilizados para simular o desempenho do investimento em um projeto de irrigação por gotejamento de maneira sistemática, as relações mostraram uma equivalência virtuosa da otimização dos fatores produtivos, da mitigação do risco climático, variável incontrolável, e do aumento da rentabilidade da organização.

Dessa maneira, vale a pena comentar as principais contribuições:

1. Mitigação de Risco: redução do risco da volatilidade da produção visto o refreamento do déficit hídrico, principal agente causador de quebra nas safras;
2. Ganho de Escala: benefício em todo o sistema agroindustrial com ganho de produtividade dos fatores da produção agrícola, das operações mecanizadas e da indústria;
3. Atratividade Econômica: além dos benefícios operacionais no sistema produtivo, o projeto se apresentou viável e com bom nível de retorno econômico.

O projeto contempla resultados consistentes que priorizam a maximização do valor para a usina no longo prazo. Os indicadores apontam viabilidade com geração de valor de R\$ 45,657 milhões, retornáveis no quarto ano do projeto a uma taxa média de 29,1%. O investimento gera um retorno de 2,8 vezes o capital demandado.

A utilização de um sistema de irrigação que amplia a produtividade da água, na produção de cana-de-açúcar, se mostrou sinérgico ao complexo produtivo especialmente pelo seu efeito em dois indicadores fundamentais, o rendimento e a longevidade das lavouras. Esses fatores afetam indiretamente todo o sistema produtivo devido à influência na demanda e na produtividade das máquinas agrícolas que, por sua vez, comandam as grandes contas de custos: mão de obra, manutenção e combustíveis. Além da melhoria direta do uso da terra, da indústria e dos insumos produtivos.

A interação dos fatores produtivos gera um ciclo virtuoso que vai além dos benefícios econômico-financeiros abordados nesta pesquisa, como a redução do consumo de água no ciclo produtivo da cadeia da cana-de-açúcar e na redução de emissões de gases poluentes como o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). As emissões de  $\text{CO}_2$  no ciclo da cana ocorrem principalmente nas operações de colheita, carregamento e transporte e nas operações de preparo de solo para o replantio. Já o  $\text{N}_2\text{O}$ , é emitido, sobretudo, na aplicação de fertilizantes nitrogenados sobre a palhada da cana, como a fertirrigação com vinhaça. Desta vista, o sistema de gotejamento subterrâneo causa grande impacto na mitigação da emissão desses poluentes, face otimização e redução da demanda de máquinas e aumento da produtividade da água e de fertilizantes ambos são aplicados diretamente no sistema radicular da planta, tendo sua eficiência aumentada.

Este trabalho teve por objetivo mensurar os benefícios econômico-financeiros de um projeto de irrigação localizada por gotejamento. Contudo, é de grande importância a continuidade da pesquisa em busca do entendimento e da mensuração dos ganhos ambientais com a redução das emissões de gases nocivos ao meio-ambiente e do uso de insumos não renováveis no ciclo da cana-de-açúcar pelo uso eficiente da água.

## Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO. ANP. Produção de biocombustíveis no Brasil. 2016. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/producao-de-biocombustiveis/etanol>> Acesso em: 12 nov. 16.
- CAMARGO, A.P.; MARIN, F.R.; SENTELHAS, P.C.; GIAROLLA, A. Ajuste da equação de thornthwaite para estimar a evapotranspiração potencial em climas áridos e superúmidos com base na amplitude térmica diária. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 251-257, 1999.
- CANASAT. **Monitoramento da cana-de-açúcar**. 2016. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/colheita.html>>. Acesso em: 06 nov. 16.
- CARDOZO, N. P. **Análise de risco econômico da cana-de-açúcar em função de condições climáticas de diferentes regiões do Estado de São Paulo**, PECEGE/ESALQ. Piracicaba, 2011.66 p.
- CARDOZO, N. P. **Sustentabilidade técnica e ambiental da irrigação de cana-de-açúcar em diferentes regiões brasileiras**, ESALQ/USP. Piracicaba, 2013.105 p.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. CEPEA. **Indicadores de preços de açúcar e etanol**. 2016. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/acucar.aspx>. Acesso em: 14 novembro 2016.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira cana-de-açúcar**, V.2 Safra 2015/16- N.3. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_12\\_17\\_09\\_03\\_29\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_-\\_3o\\_lev\\_-\\_15-16.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_12_17_09_03_29_boletim_cana_portugues_-_3o_lev_-_15-16.pdf) Acesso em: 15 novembro 2016.
- CONAB, 2012. **Acompanhamento da safra Brasileira: cana-de-açúcar, safra 2012/13**. Disponível em:< <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/>>. Acesso em: 15 nov. 2016.
- CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. CONSECANA. **Histórico mensal de preços**. 2016. Disponível em: <[http://www.consecana.com.br/login.asp?url=preco\\_mensal.asp](http://www.consecana.com.br/login.asp?url=preco_mensal.asp)>. Acesso em: 18 out. 2016.
- COOPER, R. G. Product innovation and technology strategy. **Research Technology Management**, Jan./Feb. 2000.
- COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. Portfolio management for new products. **Basic Books**, 2001.
- COSTA, R. I. **Caracterização da viabilidade econômica dos sistemas de irrigação na cultura da cana-de-açúcar**. ESALQ/USP. Piracicaba, 2012. 66 p.
- COSTA, V.M. **Irrigação em cana-de-açúcar: uma realidade ainda oculta no Brasil**, STAB, Piracicaba, v.30 n.2, 2011.
- DAMODARAN, A. **Damodaran on valuation: security analysis for investment and corporate finance**. New York, John Wiley & Sons, 1994.
- DEDINI. Juice extraction systems: Mills and diffusers—the Brazilian experience. **International Sugar Journal**. London, mar. 2014. Disponível em:

<<https://www.international-sugar-journal.com/paper/juice-extraction-systems-mills-and-diffusers-the-brazilian-experience/>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water, FAO. **Irrigation and Drainage Paper**, 33. Rome, 1979. 179 p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Estudos FAO, Irrigação e Drenagem 33. Tradução Gheyi, H.R. e outros, UFPB, Campina Grande. FAO. 306p. 1994.

GOBBI, A. **Helping farmers grow more with less**. Ribeirão Preto, 2016.

GONÇALVES, W. **Modelagem Financeira para Cálculo do Valor Econômico de uma Empresa de Serviços**. São Paulo, 2010 107 p.

HERTZ, David B. Risk analysis in capital investment. **Harvard Business Review**, v. 42, n. 1, p. 95-106, 1964.

HUNSIGI, G. **Production of Sugarcane: Theory and Practice**. 1<sup>st</sup> ed. Bangalore, India 1993. 245p

INMAN-BAMBER, N. G.; SMITH, D. M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, v.92, p.185–202, 2005.

INMAN-BAMBER, N.G. **Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off**. Field Crops Research, v.89, p.107-122, 2004.

INMAN-BAMBER, N.G.; MCGLINCHEY, M.G. Crop coefficients and water-use estimates for sugarcane based on long-term Bowen ratio energy balance measurements. **Field Crops Research**, v.83, n. 1, p.125-138, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. INMET. **Banco de dados estações meteorológicas automáticas**. 2016. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>>. Acesso em: 20 out. 16.

KASSAI, Silvia (1997), **As empresas de pequeno porte e a contabilidade**. Ademo de Estudos, Sao Paulo, FIPECAFI, 9(15), Janeiro/Junho.

KELLER FILHO, T.; ASSAD, E.D.; LIMA, P.R.S. de R. Regiões pluviometricamente homogêneas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.311-322, 2005.

KENDALL, G. I.; ROLLINS, S. C. Advanced project portfolio management and the PMO: multiplying ROI at warp speed. **J. Ross Publishing**, 2003.

KJAERGAARD, J. H., PLAUBORG, F., MOLLERUP, M.; PETERSEN, C. T., HANSEN, S. Crop coefficients for winter wheat in a sub-humid climate regime. **Agricultural Water Management**, v.95, p.918-924, 2008.

KJAERGAARD, J. H., PLAUBORG, F., MOLLERUP, M.; PETERSEN, C. T., HANSEN, S. Crop coefficients for winter wheat in a sub-humid climate regime. **Agricultural Water Management**, v.95, p.918-924, 2008.

LEVIN, G.; RAD, P. Key People Skills for Virtual Project Managers. Publicado em **Reykjavik, Iceland**, Setembro 25-27, 2002.

MATIOLI, C.S. *et al.* **Análise de decisão sobre a viabilidade da irrigação suplementar de cana-de-açúcar colhida no mês de julho na região de Ribeirão Preto-SP**. CONGRESSO BRASILEIRO DE

ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25 e CONGRESO LATINOAMERICANO DE INGENIERIA AGRÍCOLA, 2. 1996, Bauru. *Anais...* Bauru, 1996.

MATIOLI, C.S. *et al.* **Irrigação suplementar de cana-de-açúcar: modelo de análise de decisão para a região norte do Estado de São Paulo.** *Stab: Açúcar, Alcool e Subprodutos*, Piracicaba, v. 17, n. 2, p. 42-45, 1998.

MATIOLI, C.S. **Irrigação suplementar da cana-de-açúcar: modelo de análise de decisão pra o Estado de São Paulo.** *Dissertação (Doutorado)*, ESALQ/USP. Piracicaba, 1998. 122p.

MIKKOLA, Juliana Hsuan. Portfolio management of R&D projects: implications for innovation management. *Technovation*, v. 21, n. 7, p. 423-435, 2001.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. MAPA. **Sistema de informação Sapcana.** 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/servicos-e-sistemas/sistemas/Sapcana>>. Acessado em: 16 nov. 2016.

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS. MDIC. **Base de dados comércio exterior.** 2016. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/base-de-dados-do-comercio-exterior-brasileiro-arquivos-para-download>> Acesso em: 14 nov. 2016.

MOORE, J. H.; WEATHERFORD, L. R. Decision modeling with Microsoft® Excel, **Prentice Hall**. 6. ed. New Jersey, 2001.

OLIVEIRA, M. H. F. (2008). **A avaliação econômico-financeira de investimentos sob condição de incerteza: uma comparação entre o método de Monte Carlo e o VPL fuzzy.** São Carlos, 2008, 209 p.

ORTOLAN. M. **Rabobank Outlook financeiro do setor sucroenergético brasileiro**, junho 2016, São Paulo.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. **Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária**, 2002.478 p.

PEREIRA, E. D. M. **Vantagens e Desvantagens dos Diferentes Métodos de Irrigação na Agrovale.** Juazeiro, 2014.

PERES, J.G. **Determinação dos coeficientes de cultura (Kc) da cana-de-açúcar: ciclo cana soca.** *Dissertação (Mestrado)*, ESALQ/USP. Piracicaba, 1988. 94p.

PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM ECONOMIA E GESTÃO DE EMPRESAS. PECEGE/USP, **Custos de produção de cana-de-açúcar, açúcar, etanol e bioeletricidade no Brasil. Fechamento da safra 2014/15 e acompanhamento da safra 2015/16.** Ribeirão preto, abr 2016.

REBELATTO. D. A. N. Projetos de Investimento. **Especialização em Engenharia de Produção.** EESC/USP. São Carlos, 2016.

ROBBINS, S. P. E DECENZO, D. A. (2004) **Fundamentos de Administração: conceitos e aplicações**, São Paulo: Prentice Hall.

ROSENFELD, U. **Período crítico de deficiência hídrica pra cana planta em cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*).** *Dissertação (Mestrado)*, ESALQ/USP. Piracicaba, 1989. 89p.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J. F. **Administração financeira: corporate finance**. São Paulo: Atlas, 1995.

SANTANA, N. B.; PÉRICO, A. E.; REBELATTO, D. A. N. Investimento em Responsabilidade Sócio-ambiental de empresas distribuidoras de energia elétrica: uma análise por envoltória de dados. **Revista Gestão Industrial** 2.4 (2006): 124-139.

SCARDUA, R. **O clima e a irrigação na produção agro-industrial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*)**. 1985, 122p. Tese (Livre Docência). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SCHLESINGER, W. H. Carbon sequestration in soils. **Science**, Washington, v.284, n. 5.423, p. 2.095, 1999.

SILVA, J. P. **Análise Financeira de Empresas**. São Paulo, Atlas, 2007.

SIMÕES, A. Governo desvirtua uso da CIDE e prejudica etanol. 2012. **Novacana**. 23 nov. 2012. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/etanol/impostos/governo-desvirtua-cide-prejudica-etanol-231112/>>. Acesso em 18 nov. 2016.

SOARES, J. A. R. **A análise de risco, segundo o método de Monte Carlo, aplicada à modelagem financeira das empresas**. Porto Alegre, 2006. 95 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 484 p.

TEJERA, N. A.; RODÉS, R.; ORTEGA, E.; CAMPOS, R.; LLUCH, C. Comparative analysis of physiological characteristics and yield components in sugarcane cultivars. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.102, p. 64.72, 2007.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**, Drexel Institute of Technology, New Jersey, 1955. 104 p.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA DE AÇÚCAR. UNICA. Expectativa é que não terá fechamento de usinas nesta safra e desativadas podem voltar a moer. **Cana Online**. São Paulo. 28 mar. 2016. Disponível em: <http://unica.com.br/na-midia/41597945920322737930/expectativa-e-que-nao-tera-fechamento-de-usinas-nesta-safra-e-desativadas-podem-voltar-a-moer/>. Acesso em: 14 nov. 2016.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA DE AÇÚCAR. UNICADATA. **Histórico de Produção e Moagem**. 2016. Disponível em: <[http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e\\_moagem.php?idMn=32&](http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e_moagem.php?idMn=32&)>. Acesso em: 16 nov. 2016.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. USDA. **Sugar and Sweeteners Yearbook tables**. 2016. Disponível em: <<https://www.ers.usda.gov/data-products/sugar-and-sweeteners-yearbook-tables.aspx>>. Acesso em: 08 nov. 16.