

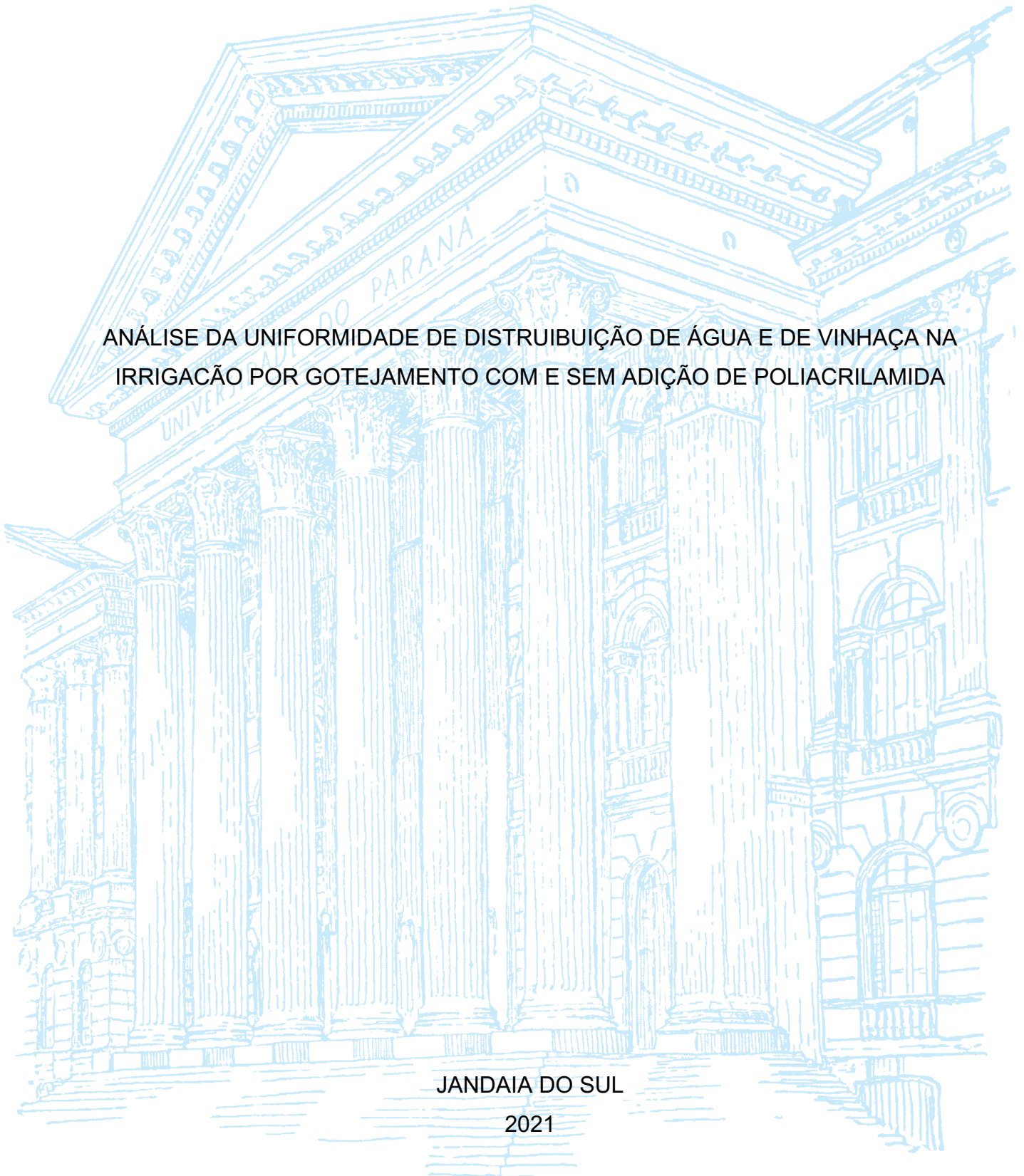
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BRUNO GERALDO LAGO

ANÁLISE DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA E DE VINHAÇA NA
IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO COM E SEM ADIÇÃO DE POLIACRILAMIDA

JANDAIA DO SUL

2021



BRUNO GERALDO LAGO

ÍNDICE DE CAPACIDADE DO PROCESSO NA AVALIAÇÃO DA IRRIGAÇÃO POR
GOTEJAMENTO COM ÁGUA E VINHAÇA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Agrícola, Campus Avançado Jandaia do Sul, Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Justi

JANDAIA DO SUL

2021

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DO CAMPUS JANDAIA DO SUL

L177a Lago, Bruno Geraldo
Análise da uniformidade de distribuição de água e de vinhaça na irrigação por gotejamento com e sem adição de poliacrilamida / Bruno Geraldo Lago. – Jandaia do Sul, 2021.
1 recurso on-line: PDF.

Monografia (Graduação) - Universidade Federal do Paraná, Campus Jandaia do Sul, Graduação em Engenharia Agrícola,
Orientador: Prof. Dr. André Luiz Justi.

1. Irrigação. 2. Vinhaça. 3. Fertirrigação. 4. Poliacrilamida. I. Justi, André Luiz. II. Universidade Federal do Paraná. III. Título.

CDD: 631.587

Bibliotecária: Neide Olga S. Paula – CRB 9/1477



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PARECER Nº 01/2021/UFPR/R/JA/CCEAG
PROCESSO Nº 23075.036555/2021-54
INTERESSADO: COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, BRUNO GERALDO LAGO
TERMO DE APROVAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Título: ANÁLISE DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA E DE VINHAÇA NA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO COM E SEM ADIÇÃO DE POLIACRILAMIDA

Autor(a): Bruno Geraldo Lago

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola, aprovado pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. André Luiz Justi (Orientador)
Prof. Dr. Rafael Germano Dal Molin Filho
Prof. Dr. Maycon Diego Ribeiro



Documento assinado eletronicamente por **ANDRE LUIZ JUSTI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 13/08/2021, às 15:23, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **RAFAEL GERMANO DAL MOLIN FILHO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 13/08/2021, às 15:44, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **MAYCON DIEGO RIBEIRO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 13/08/2021, às 17:09, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **3720858** e o código CRC **44402EDA**.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por ter me guiado nesta jornada.

Meus pais Rosimary e Pedro, e meu irmão Vitor, pelo apoio e incentivo nesta fase da minha vida.

Minha noiva Jéssica, pelo incentivo e apoio em todos os momentos, e principalmente, por não me deixar desistir de alguns sonhos.

Agradeço ao professor orientador Dr. André Luiz Justi, por toda paciência, disposição e incentivo durante o desenvolvimento deste projeto.

Agradeço a todos os professores que deram apoio e ensino para chegar até o fim dessa graduação.

Por fim, todos os colegas que contribuíram nessa caminhada.

RESUMO

A irrigação em conjunto com a fertirrigação está tomando grandes proporções, a vinhaça como produto da destilação de álcool é produzida em grandes quantidades, em geral é distribuída pelos campos por meio de aspersão com canhões onde não é aplicada de forma controlada, podendo causar uma contaminação. Este trabalho tem como objetivo analisar a uniformidade de distribuição por meio de gráficos de controle, e a análise por meio da capacidade do processo que mostrara se o processo pode ou não se manter sobre controle. Esse estudo envolve as situações com água e vinhaça puros e com a adição de polímero redutor de atrito. A análise consistiu na metodologia de Keller e Karmeli (1975) onde é feita a coleta de vazão de 16 gotejadores para realizar cálculos de Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Variação Total (CVt) e Uniformidade Estatística (CUE). Para visualização e análise foram gerados os Gráficos de Controle onde é composto dos Limite Inferior de Controle (LIC) e Limite Superior de Controle (LSC), podendo ser visualizando detalhadamente o comportamento de cada líquido. Com os dados de CUC, CUD e CUE é possível fazer uma análise da capacidade do processo já que esses dados seguem normas para os diferentes sistemas de irrigação, assim pode-se encontrar se o sistema é capaz de se manter ou não. Como resultados vemos que a adição do Polímero redutor de atrito ocorre uma notável diferença na uniformidade de distribuição do que se comparado aos líquidos brutos, assim fica claro que a Poliacrilamida afeta os sistemas de maneira positiva. Já o resultado da capacidade do processo é notável a melhora em água, já em vinhaça a melhora é pouco notável.

Palavras-chave: Irrigação. Vinhaça. Fertirrigação. Poliacrilamida.

ABSTRACT

Irrigation in conjunction with fertigation is taking on large proportions, vinasse as a product of alcohol distillation is produced in large quantities, in general it is distributed through the fields by spraying with cannons where it is not applied in a controlled manner, which can cause contamination. This work aims to analyze the uniformity of distribution by means of control graphs, and the analysis by means of the capacity of the process that will show if the process can or cannot remain under control. This study involves situations with pure water and vinasse and the addition of friction-reducing polymer. The analysis consisted of the methodology of Keller and Karmeli (1975) where the flow collection of 16 drippers is made to perform calculations of the Coefficient of Distribution Uniformity (CUD), Coefficient of Christiansen Uniformity (CUC), Total Coefficient of Variation (CVt) and Statistical Uniformity (CUE). For visualization and analysis, the Control Charts were generated, which is composed of the Lower Control Limit (LIC) and Upper Control Limit (LSC), and it can be visualized in detail the behavior of each liquid. With the data from CUC, CUD and CUE it is possible to make an analysis of the capacity of the process since these data follow norms for the different irrigation systems, thus it is possible to find out if the system is capable of maintaining itself or not. As a result, we see that the addition of the Friction Reducing Polymer makes a noticeable difference in the uniformity of distribution compared to the raw liquids, so it is clear that Polyacrylamide affects the systems in a positive way. The result of the process capacity is notable for the improvement in water, while in vinasse the improvement is not very noticeable.

Keywords: Irrigation. Vinasse. Fertigation. Polyacrylamide.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - SISTEMA DE GOTEJAMENTO SUPERFICIAL.....	11
FIGURA 2 - DEMONSTRAÇÃO DA REDUÇÃO DE ATRITO HIDRODINÂMICO NO FINAL DA DÉCADA DE 60.....	12
FIGURA 3 - DIAGRAMA CARACTERÍSTICO REPRESENTANDO A VARIAÇÃO DA VAZÃO DE UM LÍQUIDO PURO (LINHA CONTINUA) E CONTENDO UM ADITIVO REDUTOR DE ATRITO (X), EM FUNÇÃO DE NÚMERO DE REYNOLDS.	13
FIGURA 4 - EXEMPLO DE GRÁFICO DE CONTROLE.....	15
FIGURA 5 - DIFERENÇA QUANDO ASSUMIDO NORMAL UM PROCESSO NAO NORMAL.....	18
FIGURA 6 - ESTRUTURA DO SISTEMA.	19
FIGURA 7 - MANOMETRO DE BOURDON.	20
FIGURA 8 - BANCADA DO SISTEMA.....	21
FIGURA 9 - CHAPA DE PVC.....	21
FIGURA 10 - COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO (CUD).....	26
FIGURA 11 – COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE CHRISTIANSEN (CUC)....	26
FIGURA 12 - COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE ESTATÍSTICA (CUE).	27
FIGURA 13 - CUC ÁGUA COM E SEM POLÍMERO	27
FIGURA 14 - CUC VINHAÇA COM E SEM POLÍMERO	28
FIGURA 15 - CUD ÁGUA COM E SEM POLÍMERO	28
FIGURA 16 - CUD VINHAÇA COM E SEM POLÍMERO	29
FIGURA 17 - CUE ÁGUA COM E SEM POLÍMERO	29
FIGURA 18 - CUE VINHAÇA COM E SEM POLÍMERO	30

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO PARA COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO.	23
TABELA 2 - CLASSIFICAÇÃO DE UNIFORMIDADE DE CHRISTIAN.	24
TABELA 3 - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO.....	24
TABELA 4 - CLASSIFICAÇÃO DE COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE ESTATÍSTICA.....	24
TABELA 5 - CAPACIDADE DO PROCESSO	31

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1 AGRICULTURA IRRIGADA	9
2.2 SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO	9
2.2.1 IRRIGAÇÃO LOCALIZADA.....	10
2.2.1.1 IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO	11
2.3 USO DE VINHAÇA NA IRRIGAÇÃO	11
2.4 POLÍMERO REDUTOR DE ATRITO	12
2.5 FERRAMENTAS DE QUALIDADE	13
2.6 AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO.....	14
2.7 CONTROLE ESTATÍSTICO DE QUALIDADE	14
2.7.1 ÍNDICE DE CAPACIDADE DO PROCESSO	16
2.7.1.1 CAPACIDADE DO PROCESSO	17
2.7.1.2 CAPACIDADE DO PROCESSO PARA DADOS NÃO NORMAIS	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 ÁREA EXPERIMENTAL.....	18
3.2 MONTAGEM DO SISTEMA.....	18
3.3 PROCEDIMENTO DE ENSAIO	20
3.4 CONTROLE ESTATÍSTICO DE QUALIDADE	22
3.4.1 AVALIAÇÃO DO SISTEMA.....	22
3.4.2 GRÁFICOS DE CONTROLE.....	25
3.4.3 ÍNDICE DE CAPACIDADE DO PROCESSO	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA E UNIFORMIDADE	25
4.1.1 GRÁFICOS DE CONTROLE.....	27
4.2 CAPACIDADE DO PROCESSO	30
5 CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS.....	34

1. INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial a diversas atividades humanas sendo um recurso de valor inestimável, podendo ser utilizadas em múltiplas atividades, como geração de energia elétrica, abastecimento doméstico e industrial, irrigação, navegação, recreação, turismo, aquicultura, piscicultura, pesca e, ainda, assimilação e condução de esgoto (LIMA et al.1999).

A irrigação surgiu muitos anos atrás com o simples ato de molhar a cultura, observando assim que essas áreas apresentavam maior produtividade se comparado com as que possuíam somente a incidência de chuva. Dentre a irrigação existem alguns métodos como, por superfície, aspersão e localizada (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

Segundo LIMA (1999) a irrigação pode ser definida como o conjunto de técnicas para deslocamento da água no tempo ou espaço fazendo com que a agricultura seja difundida em cada região, assim fazendo a correção de distribuição natural das chuvas.

Com o aumento no custo da terra, e o investimento necessário para à exploração agrícola, o produtor irrigado não depende necessariamente do regime natural das chuvas, assim reduz os riscos e proporciona outras vantagens significativas ao produtor irrigante (LIMA et al. 1999).

Com a irrigação nasceu a prática de fertirrigação, ou seja, enviar fertilizantes via o sistema de irrigação, permitindo maior aumento da produtividade na agricultura, viabilizando a produção em regiões com baixa disponibilidade hídrica e até mesmo em solos de pouca fertilidade (SOUZA et. al. 2011).

Com isso a vinhaça vem sendo muito utilizada como fertilizante, porém se torna necessário um correto dimensionamento do sistema que fará a distribuição do fluido pela lavoura, assim considerando parâmetros hidráulicos, como a perda de carga nas tubulações e em canais, partindo da configuração do sistema de aplicação na cultura (JUSTI, 2012).

O vinhoto é um líquido residual, produto da calda de destilação do álcool, sendo cana de açúcar na América do Sul ou beterraba na Europa, contendo diferentes propriedades que servem como fertilizante para culturas (GEMTOS et al., 1999). Ao ser aplicada no solo, melhora a sua fertilidade, porém não se pode

ultrapassar as quantidades de capacidade de retenção de íons, que são mensuradas de acordo com as características de cada solo (BAFFA et al., 2009).

Segundo Rossetto (1987) a vinhaça é utilizada por ser constituída basicamente de matéria orgânica por cátions como K, Ca e Mg, sendo que sua riqueza nutricional está ligada à sua matéria de origem.

O uso de resíduos com grande quantidade de matéria orgânica como a vinhaça gera atrito pela perda de carga, não afetando somente a eficiência do sistema, mas diretamente a custos fixos e variáveis (CARVALHO, 2012), como nas tubulações e energia elétrica gasta.

Com isso durante muitas pesquisas sobre o método de dissipação de energia devido ao atrito, no ano de 1948 o químico B.A Toms descobriu uma solução diluída de polímero, que atuava nos escoamentos turbulentos sem a necessidade do aumento da pressão para chegar a vazão de escoamento desejado (VIRK et al., 1967; SHER & HETSRONI, 2008; JUSTI, 2012).

Para avaliar o adequado funcionamento de um sistema de irrigação pode-se usar a uniformidade de aplicação de água pelo sistema de irrigação, que é feita a partir de métodos matemáticos, verificando se as aplicações feitas pelos emissores estão em perfeita distribuição, sendo que existem diversos coeficientes e metodologias para sua análise.

O Controle Estatístico de Qualidade (CEQ) é utilizado pois, a necessidade de produzir muitos produtos com boa qualidade e pequenos prazos, onde esse controle visava achar os defeitos, com isso evoluindo para o Controle Estatístico do Processo em que conta com um conjunto de ferramentas para resolução de problemas para a estabilidade do processo e melhora da capacidade, através da redução da variabilidade (MONTGOMERY, 2001).

O objetivo estabelecido para este trabalho é avaliar um sistema de irrigação localizada, tanto para irrigação quanto para fertirrigação, adicionando Poliacrilamida para redução de atrito, aplicando o controle estatístico de qualidade com o uso de gráficos de controle e índice de capacidade do Processo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 AGRICULTURA IRRIGADA

A Irrigação iniciou-se no Brasil entre o fim do século XIX e início do século XX, em 1960 se consolidavam novos polos de irrigação em São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Santa Catarina (ANA, 2017).

Inicialmente o objetivo da irrigação consistia simplesmente na luta contra a seca nos locais onde não existia uma boa distribuição das chuvas. Atualmente a irrigação é vista como um método que eleva a produtividade agrícola e renda, de forma a preservar o meio ambiente (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

Irrigação pode ser definida por algumas técnicas onde a água passa de uma região para outra, e modificando as atividades agrícolas de diferentes regiões (LIMA; FERREIRA; CHRISTOFIDIS, 1999). Segundo EMBRAPA (2010), irrigação também pode ser definida como técnica milenar para liberar água às plantas para que possam se desenvolver de forma a ter uma melhor produção. Desenvolvendo sistemas onde a água é aplicada de forma pontual e sem desperdícios garantindo as necessidades hídricas da planta na ausência de chuva.

A agricultura irrigada é uma grande estratégia de otimização na produção mundial de alimentos, com desenvolvimento sustentável, sendo muito importante para produção de culturas, onde ocasiona mais de um plantio por ano e um aumento significativo na produtividade, fazendo a otimização no uso das áreas (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009).

Já para TESTEZLAF (2017), a irrigação é uma tecnologia essencial para aumento de produção, que é adotado devido a disponibilidade hídrica da região, locais com precipitação muito baixa ou nenhuma, onde de fato um sistema de irrigação se torna necessário para o desenvolvimento das culturas.

2.2 SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

Existem quatro métodos de irrigação, sendo eles por superfície, aspersão, localizada e subsuperficial ou subterrânea. O método por superfície consiste na

aplicação da água seja ela em sulcos ou inundação total onde a infiltração se dá por meio da ação da gravidade (TESTEZLAF, 2017).

Já no sistema por aspersão é feito para simular as gotas de chuva através da pressurização da água forçando a passar pelos dispositivos mecânicos que são chamados de aspersores. No sistema subsuperficial ou subterrânea é feita a elevação do lençol freático, gotejamento subterrâneo ou mesas de subirrigação, fazendo com que as plantas recebam água por ascensão capilar (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009).

E, por fim, o método localizado, em que pode ser dividido em sistema de gotejamento e microaspersão ou sprays, consiste na aplicação de água no solo em áreas específicas, próximo ao sistema radicular das plantas, enterradas ou abaixo de sua copa. Por isso a opção mais eficiente encontrada utilizando pequenas vazões (TESTEZLAF, 2017).

2.2.1 IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

São sistemas onde a água é aplicada próximo a região radicular, com pequena intensidade e alta frequência, apresentando um grande potencial e uma elevada eficiência, sendo feita a aplicação de água através de pequenos orifícios na tubulação, gotejamento, ou sprays, microaspersores (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009).

Constitui de sistemas fixos, pressurizados onde é possível fazer total automação, são energeticamente mais econômicos, porém seu custo de implantação é elevado se comparado com outros métodos. Os principais sistemas de irrigação localizada são gotejamento e a microaspersão (SENAR, 2019)

Contudo, segundo SILVA (2005), esse sistema pode ser afetado por alguns fatores seja eles hidráulico, atmosférico ou falta de manutenção, podendo causar prejuízos em sua produção.

Se tratando de um método que utiliza emissores sensíveis ao entupimento é de extrema importância ter sistemas de filtragem bem dimensionados que pode ser definido por meio de análise da água disponível que será utilizada, assim optando ou não a outras técnicas de tratamento e também avaliando o risco de salinidade do solo (SENAR, 2019).

2.2.1.1 IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

Esse sistema é composto por emissores, fazendo com que a água perca sua energia e saia em forma de gotas, utilizando baixas vazões, umedecendo um ponto fixo, constituído de quantas linhas forem necessárias com o suprimento de toda área (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

Para obter as gotas é necessário que a energia interna na tubulação seja toda dissipada até atingir uma baixa vazão. Esse processo é alcançado através de um labirinto encontrado dentro dos emissores, que possui um diâmetro pequeno onde conseqüentemente aumenta a perda de carga fazendo com que a água saia em pressão atmosférica, em forma de gota (TESTEZLAF, 2017).

O gotejamento pode ser dividido em superficial onde a lâmina de água é aplicada pontualmente sobre a superfície do solo e superficial (Figura 1), ou seja, enterrada, com o objetivo de ter uma maior economia de água por ter menos perdas por evaporação e devem ser enterradas a uma profundidade que as linhas laterais permitam o tráfego de máquinas sem danificar o sistema que está abaixo e ao mesmo tempo proporcionar uma umidade suficiente para a cultura (SENAR, 2019).

FIGURA 1 - SISTEMA DE GOTEJAMENTO SUPERFICIAL



FONTE: Adaptado de SENAR, 2019.

2.3 USO DE VINHAÇA NA IRRIGAÇÃO

Segundo Gemtos et al., (1999) vinhaça é um produto da destilação do licor no processo de fabricação do álcool da cana de açúcar na América do Sul e na beterraba na Europa. Formado em grande quantidade em torno de 12 a 15 litros a cada litro de álcool gerado (BUZOLIN, 1997)

Esse resíduo, gerado em grandes quantidades na fermentação do álcool de cana de açúcar, causa grande economia quando utilizado na forma de fertilizante

para complementação ou substituição total dos fertilizantes minerais, pois apresenta um elevado teor de potássio (TASSO JUNIOR et al. 2007).

Na forma de fertilizante a vinhaça se torna vantajosa devido a sua riqueza de matéria orgânica, potássio e enxofre, este líquido concentrado adquire estabilidade biológica podendo ser armazenada por um longo tempo, assim podendo ser aplicada no solo quando necessário (REZENDE, 1984).

2.4 POLÍMERO REDUTOR DE ATRITO

O começo de relatos de redução de atrito hidrodinâmico (RAH) são do ano de 1906, acompanhando o escoamento de pasta de papel, porém em 1983 com a elaboração de testes de calibração em bombas hidráulicas observou-se uma diferença de 10% na vazão nos condutos forçados, onde foi atribuída pela presença de polímeros formados por algas (BIZZOTO & SABADINI, 2011).

A experiência que mais obteve o comportamento do efeito de RAH, foi realizada pelos bombeiros de Nova York demonstrando seu potencial com a poder de lançar água em maior distância como observado na Figura 2. Foi utilizado o mesmo conjunto moto bomba e tubulação, uma somente escoando água e a outra água com uma concentração de 30 p.p.m de poli (óxido de etileno).

FIGURA 2 - DEMONSTRAÇÃO DA REDUÇÃO DE ATRITO HIDRODINÂMICO NO FINAL DA DÉCADA DE 60.



FONTE: Adaptado de Bizzoto & Sabadini (2011).

O parâmetro que define os tipos de escoamentos é o número de Reynolds definido pela equação 1.

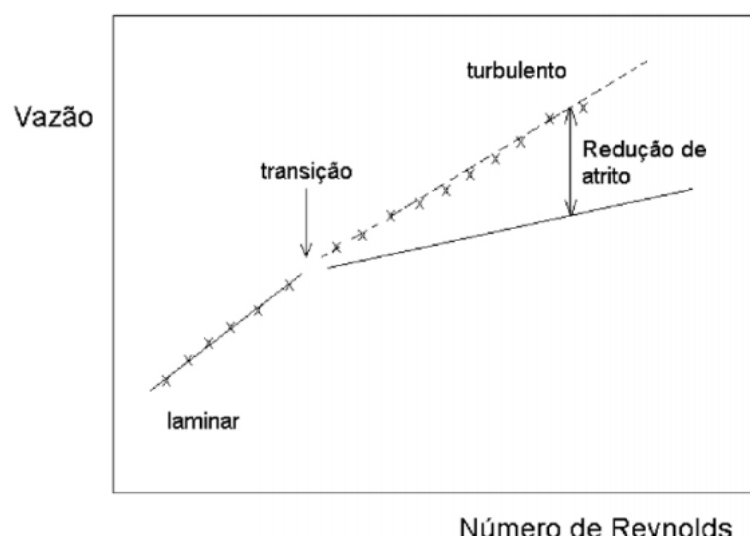
$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\eta} \quad (1)$$

Em que:

Re – Número de Reynolds, adimensional;
 ρ – Massa específica do líquido, kg.m⁻³;
 v – Velocidade de escoamento, m.s⁻¹;
 D – Diâmetro do conduto, m;
 η – Viscosidade N.m⁻².s.

A partir do momento que o regime de escoamento se torna turbulento nota-se o efeito do atrito, com observado na Figura 3. O diagrama indica o comportamento hidrodinâmico de um fluido puro (exemplo água) e compara os efeitos do redutor de atrito, quando observado o solvente puro (linha contínua) a vazão não é proporcional à medida que Re aumenta, já a linha tracejada representa a vazão fictícia aconteceria caso o fluido não perdesse energia pela turbulência. A partir do nível de transição com a aplicação do agente redutor de atrito ele é capaz de atuar nas estruturas, sua porcentagem pode ser retirada pela diferença de vazão (BIZZOTO & SABADINI, 2011).

FIGURA 3 - DIAGRAMA CARACTERÍSTICO REPRESENTANDO A VARIAÇÃO DA VAZÃO DE UM LÍQUIDO PURO (LINHA CONTÍNUA) E CONTENDO UM ADITIVO REDUTOR DE ATRITO (X), EM FUNÇÃO DE NÚMERO DE REYNOLDS.



Número de Reynolds
 FONTE: Adaptado de Bizzoto & Sabadini (2011).

2.5 FERRAMENTAS DE QUALIDADE

Segundo MONTGOMERY, 2001, a qualidade tem se tornado um fator importante na decisão de consumidores de produtos e serviços. Assim para realizar um controle de qualidade é preciso ser inspecionado ou testado para ser feito correto desde a primeira vez, ou seja, o processo de fabricação deve ser estável, e todos os indivíduos responsáveis devem procurar constantemente melhorar o desempenho e reduzir a variabilidade.

2.6 AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

É feita com a finalidade de diagnosticar, identificar componentes que devem ser reparados ou substituídos buscando assim sua melhor eficiência, para isso é observada a uniformidade de distribuição, ou seja, a sua eficiência, pois quanto maior a uniformidade, menor é a lâmina aplicada afim de atender as necessidades hídricas da cultura (SENAR, 2019).

Para realizar uma avaliação são utilizados os coeficientes de uniformidade de aplicação de água, que associados à variação da lâmina de irrigação ao longo de sua área molhada, podem ser calculados por meio das seguintes equações: CUC(Coeficiente de Uniformidade de Christiansen), CUD(Coeficiente de Uniformidade de Distribuição) é uma relação com a lâmina média aplicada na quarta parte total, onde recebe menos água, com lâmina média aplicada a área total (CRIDDLE et al. 1956), CUE(Coeficiente de Uniformidade Estatístico) utiliza-se o desvio padrão (σ) como medida de dispersão, calculando o CV (Coeficiente de Variação) utilizado (WILCOX; SWAILES, 1947).

2.7 CONTROLE ESTATÍSTICO DE QUALIDADE

Com a segunda guerra mundial teve a necessidade de produzir uma grande quantidade de produtos com boa qualidade e pequenos prazos, com isso houve um grande crescimento na área de Controle Estatístico de Qualidade (CEQ) com base em estudos nas cartas de controle de ShewHart, 1931 e as técnicas de amostragem de Dodge e Romig, porem o uso de técnicas de amostragem demandava tempo e tinha um elevado custo, e o CEQ só tinha foco principal em achar os defeitos, com isso ocorreu uma evolução para o Controle Estatístico do Processo (CEP) (MONTGOMERY, 2001).

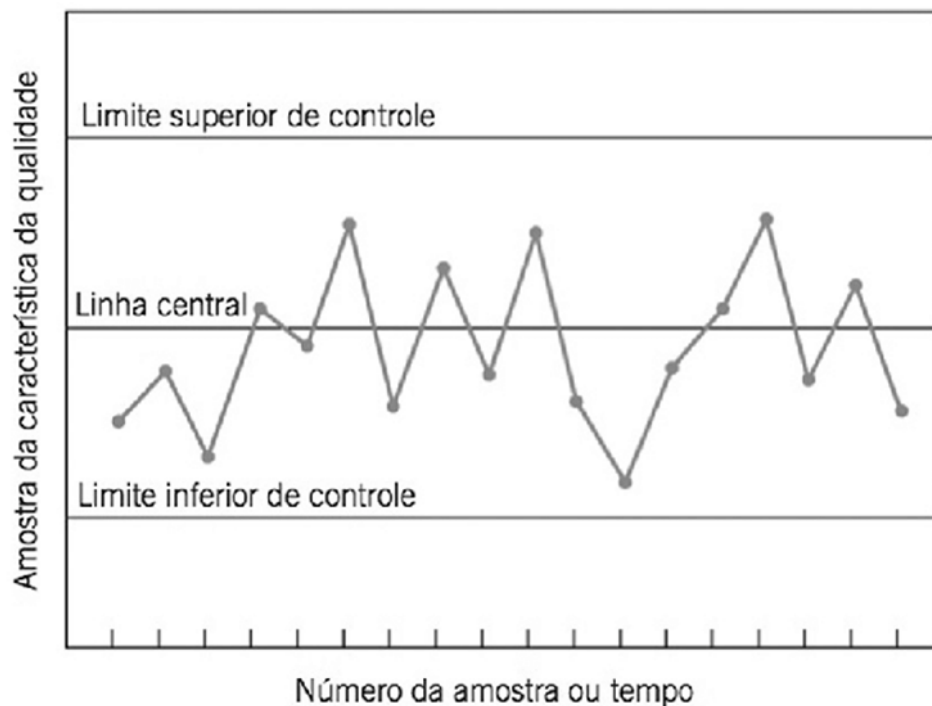
Quando um produto é enviado para venda, deve estar de acordo com as exigências do cliente, assim deve ser produzido em um processo que seja estável, sendo assim, esse processo tem que ser capaz de operar com uma baixa variabilidade em torno das dimensões especificadas para uma boa qualidade no produto (MONTGOMERY, 2001).

O CEP conta com um conjunto de ferramentas para resolução de problemas útil para obtenção da estabilidade do processo e na melhoria da capacidade, através da redução da variabilidade, podendo assim ser aplicado a qualquer processo (MONTGOMERY, 2001).

O maior objetivo do controle estatístico do processo é ter a facilidade de detectar rapidamente a ocorrência de causas atribuíveis das mudanças no processo, assim podendo ser realizada a correção para que não sejam afetadas muitas peças, o gráfico de controle é uma forma online do processo utilizada para essa finalidade, também são usados para estimar parâmetros de um processo de produção, e assim determinar sua capacidade do processo, fornecendo informação útil para sua melhoria (MONTGOMERY, 2001).

O objetivo do controle estatístico do processo é fazer a eliminação da variabilidade, já o gráfico de controle é uma ferramenta eficaz para redução dessa variabilidade, na figura 4 pode ser observado um simples gráfico de controle, que foi calculado com as amostras versus o número de amostra ou tempo, contém linha central que representa um número médio a ser seguido, acima temos o Limite Superior de Controle(LSC) e abaixo o Limite Inferior de Controle(LIC), que são representados de modo que quando o processo esteja sob controle todos os pontos amostrais estarão entre eles, porém quando um ponto fica fora desses limites é uma evidência que o processo está fora de controle, mas mesmo que esses pontos estejam sobre os limites, quando se comportarem de maneira não aleatória, pode ser indicação de que está fora do controle (MONTGOMERY, 2001).

FIGURA 4 - EXEMPLO DE GRÁFICO DE CONTROLE.



FONTE: MONTGOMERY, 2001.

Para confecção dos gráficos de controle é utilizado, a média que representa a linha central, e para cálculo dos limites inferior e superior é utilizado o desvio padrão assim como nas equações (2) e (3), nas quais é indicada a unidade de vazão dos emissores, utilizada no presente estudo.

$$LIC = X_{med} - (3 * S) \quad (2)$$

$$LSC = X_{med} + (3 * S) \quad (3)$$

Em que:

X_{med} = média ($L.h^{-1}$);

LIC = Limite inferior de controle ($L.h^{-1}$);

LSC = Limite superior de controle ($L.h^{-1}$);

S = desvio padrão.

2.7.1 ÍNDICE DE CAPACIDADE DO PROCESSO

As técnicas estatísticas são úteis em todo o ciclo do produto, inclusive no desenvolvimento de atividades anteriores a fabricação, assim quantificando a

variabilidade do processo para a análise da variabilidade em relação às exigências ou especificações do produto, ajudando o desenvolvimento e a fabricação na eliminação ou redução dessa variabilidade, em que esta atividade geral é chamada de análise da capacidade do processo (MONTGOMERY, 2001).

A análise da capacidade de um processo é definida como um estudo de engenharia para estimar a sua capacidade, essa estimativa da capacidade de um processo é apresentada através de uma distribuição de probabilidade, com uma forma, um centro (média) e uma dispersão (desvio padrão) especificados, ou seja, avalia a variabilidade ao longo do tempo (ciclo) do processo (MONTGOMERY, 2001).

São utilizadas três técnicas fundamentais na análise da capacidade de um processo: histogramas ou gráficos de probabilidade, gráficos de controle e experimentos planejados (MONTGOMERY, 2001).

2.7.1.1 CAPACIDADE DO PROCESSO

Como apresenta MONTGOMERY (2001), uma das formas mais simples, quantitativa, de expressar a capacidade de um processo, é a chamada Razão da Capacidade de um Processo (RCP), apresentada pelo índice C_p .

A capacidade do processo (C_p), é expresso pela equação 4.

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (4)$$

Em que:

LSE – Limite superior de especificação;

LIE – Limite inferior de especificação;

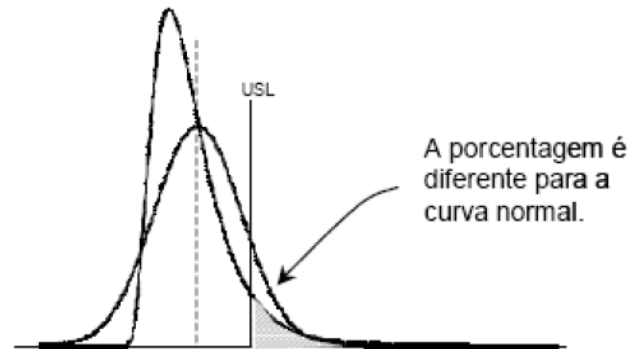
σ – Desvio padrão do processo.

2.7.1.2 CAPACIDADE DO PROCESSO PARA DADOS NÃO NORMAIS

Quando há uma existência de uma distribuição não normal ocorrem erros como pode ser visto na Figura 5, onde a área sob a curva que determina a

probabilidade de obter peças fora de especificação é diferente da assumida quando usada uma distribuição normal (OLIVEIRA, 2005).

FIGURA 5 - DIFERENÇA QUANDO ASSUMIDO NORMAL UM PROCESSO NAO NORMAL.



FONTE: Adaptado de Miranda (2005).

Com a não normalidade dos dados por diversas formas como histogramas e outras técnicas gráficas e testes de hipótese como de Anderson-Darling, e não sendo possível executar os cálculos, pode-se proceder para tratar os dados não-normais a fim de avaliar sua capacidade (OLIVEIRA, 2005), sendo neste caso o tratamento dos dados feito com a transformação de Johnson (1949), que ajusta uma distribuição empírica aos dados e gera índices proporcional ao percentual de dados fora dos limites de especificação

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA EXPERIMENTAL

Foi realizada a montagem do sistema na área experimental da Universidade Federal do Paraná – UFPR, campus avançado Jandaia do Sul, localizada na estrada da amizade na cidade de Jandaia do Sul – Paraná, coordenadas –Latitude 23.60°, Longitude -51. 67°.

3.2 MONTAGEM DO SISTEMA

A estrutura da bancada de ensaio foi montada em local protegido de intempéries, utilizando um sistema de reciclagem de água por meio de uma lona localizada na parte inferior dos gotejadores para a captação e direcionamento do líquido para o reservatório. Sua estrutura foi feita em madeira com dimensões de 5,00m de comprimento, 1,08 m de largura e 1,55 m de altura, para suporte da linha de gotejadores foram esticados fios de arame sobre a estrutura, como apresentado na Figura 6.

FIGURA 6 - ESTRUTURA DO SISTEMA.



FONTE: O autor (2020).

Os tubos gotejadores utilizados são da marca Petrolsa, modelo Manari 16060, que opera a uma pressão de serviço de 10m.c. a com vazão nominal de 1,5 L.h⁻¹, dispostos em 4 linhas de 46 emissores cada, com um espaçamento de 0,1 m entre gotejadores.

O conjunto moto bomba são da marca GAMMA, modelo QB60 com sistema pressurizador periférico, vazão máxima de 36 L.min⁻¹ ($6 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), pressão de saída de 313,6 kPa (32 m.c.a.), localizada na parte inferior do reservatório plástico de 200 litros sendo assim uma bomba afogada, ou seja, o eixo de seu rotor estará sempre abaixo do nível de água.

Na sucção foi utilizada uma tubulação de PVC com 1 polegada (2,54 cm) de diâmetro, acoplado a um registro de esfera (1 polegada) e um filtro de tela de 1 polegada (2,54 cm) assim chegando até a entrada da bomba. Para controle de pressão foi acoplado no recalque (tubulação após a bomba), um manômetro de

Bourdon (Figura 7) assim fazendo o monitoramento para uma pressão constante de 10 m.c.a (1Kg.cm^{-2}) seguindo a pressão fornecida pelo fabricante do tubo gotejador.

FIGURA 7 - MANOMETRO DE BOURDON.



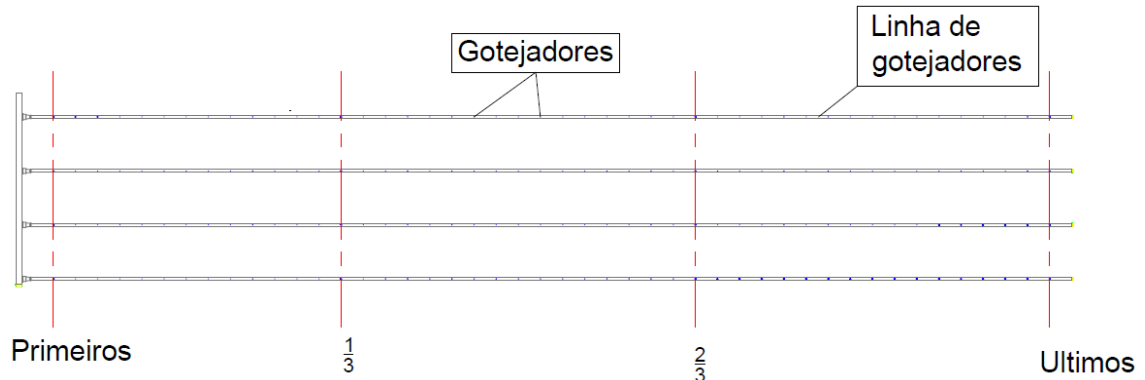
FONTE: O autor (2020).

O polímero utilizado nas análises o Poliacrilamida, foi fornecido pela empresa SNF do Brasil Ltda., com nome comercial de FLONEX 9051 SI, para ser utilizado em uma concentração de 10 p.p.m. Este material em questão se apresenta em forma de um pó claro que pode ser comparado a grãos de açúcar cristal, contém uma massa específica aparente de $0,80\text{ g.cm}^{-3}$, viscosidade de 500 cP na concentração 5 g.L^{-1} , 200 cP na concentração $2,5\text{ g.L}^{-1}$ e 80 cP na concentração $1,0\text{ g.L}^{-1}$, com pureza de 90%.

3.3 PROCEDIMENTO DE ENSAIO

Para a análise dos pontos em questão foi utilizada a metodologia de Keller e Karmeli (1975), onde as vazões foram determinadas em 16 gotejadores das linhas do sistema, sendo analisados os primeiros gotejadores, a 1/3, a 2/3 e final baseado no comprimento total da linha como é apresentado na Figura 8.

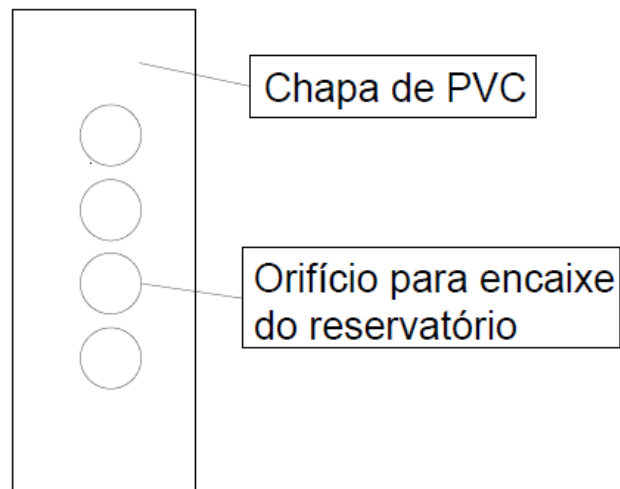
FIGURA 8 - BANCADA DO SISTEMA.



FONTE: O autor (2020).

Para facilitar a coleta foi utilizado uma chapa de PVC como mostra a Figura 9, onde nela foi feita 4 furos para encaixe dos reservatórios para captação das gotas.

FIGURA 9 - CHAPA DE PVC.



FONTE: O autor (2020).

A coleta da vazão dos emissores selecionados foi realizada de forma manual em um tempo de 4 minutos conforme a metodologia indicada, utilizando uma proveta graduada e assim anotando os valores em tabelas.

Foram realizados 200 ciclos de irrigação, divididos para água e vinhaça puros e com adição de Poliacrilamida, onde cada ciclo contém 16 amostras, finalizando o experimento com um total de 3200 amostras.

3.4 CONTROLE ESTATÍSTICO DE QUALIDADE

3.4.1 AVALIAÇÃO DO SISTEMA

Para avaliação segue as seguintes equações: CUC (Coeficiente de Uniformidade de Christiansen), (5), CUD (Coeficiente de Uniformidade de Distribuição) (6), CUE (Coeficiente de Uniformidade Estatístico) (8) (TAMAGI; URIBE-OPAZO; JOHANN; BOAS, 2016). Segundo CHRISTIANSEN (1942), é adotado o desvio médio absoluto como medida de dispersão.

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n [X_i - X_{med}]}{nX_{med}} \right) \quad (5)$$

Em que:

CUC: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, %;

X_i : lâmina coletada no ponto i, L;

X_{med} lâmina média, L;

n: número de coletores.

$$CUD = 100 \left(\frac{X_{med0,25}}{X_{med}} \right) \quad (6)$$

Em que:

CUD: Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, %;

$X_{med 0,25}$: lâmina média de ¼ do total de gotejadores com as menores lâminas, L.h⁻¹;

X_{med} : média das vazões dos emissores, L.h⁻¹.

$$CVt = \frac{SD}{qm} \quad (7)$$

Em que:

CVt: Coeficiente de variação Total, adimensional;

SD: Desvio padrão das vazões, L.h⁻¹;

Qm: Média das vazões, L.h⁻¹.

$$CUE = 100X(1 - CV) \quad (8)$$

Em que:

CUE: Coeficiente de uniformidade Estatística, %;

CV: Coeficiente de Variação.

Para um sistema de irrigação por gotejamento, nos coeficientes analisados, considera-se a classificação indicada nas Tabelas 1; 2; 3 e 4.

TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO PARA COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE DSTRIBUIÇÃO.

Classificação	CUD (%)
Excelente	>90
Bom	75-90
Regular	62-75
Ruim	50-62
Inaceitável	<50

FONTE: ASAE EP 458 (1994).

TABELA 2 - CLASSIFICAÇÃO DE UNIFORMIDADE DE CHRISTIAN.

Classificação	CUC (%)
Excelente	>90
Bom	80-90
Regular	70-80
Ruim	60-70
Inaceitável	<60

FONTE: BERNARDO et al. 2006.

TABELA 3 - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO.

Classificação	CV (%)
Excelente	$\leq 0,03$
Médio	0,05-0,07
Marginal	0,08-0,10
Pobre	0,11-0,14
Péssimo	$>0,15$

FONTE: Solomon (1979).

TABELA 4 - CLASSIFICAÇÃO DE COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE ESTATÍSTICA.

Classificação	CUE (%)
Excelente	>90
Bom	80-90
Regular	70-80
Ruim	60-70
Inaceitável	<60

FONTE: Faveta & Brotel (2001).

3.4.2 GRÁFICOS DE CONTROLE

Os gráficos foram realizados com o auxílio do software Microsoft Excel, onde foram utilizados os coeficientes CUC, CUD e CUE, com seus limites (inferiores e superiores) para gerar a análise nos 50 ciclos de irrigação realizado.

3.4.3 ÍNDICE DE CAPACIDADE DO PROCESSO

Seguindo com a metodologia sugerida por WERKEMA (1995), onde foi realizada a avaliação da capacidade do processo, com o cálculo de índice de capacidade (C_p), que geralmente é utilizado quando o processo se encontra estável, ou seja, quando o processo se encontra sob controle estatístico e quando a variável de interesse tenha distribuição próxima da normal.

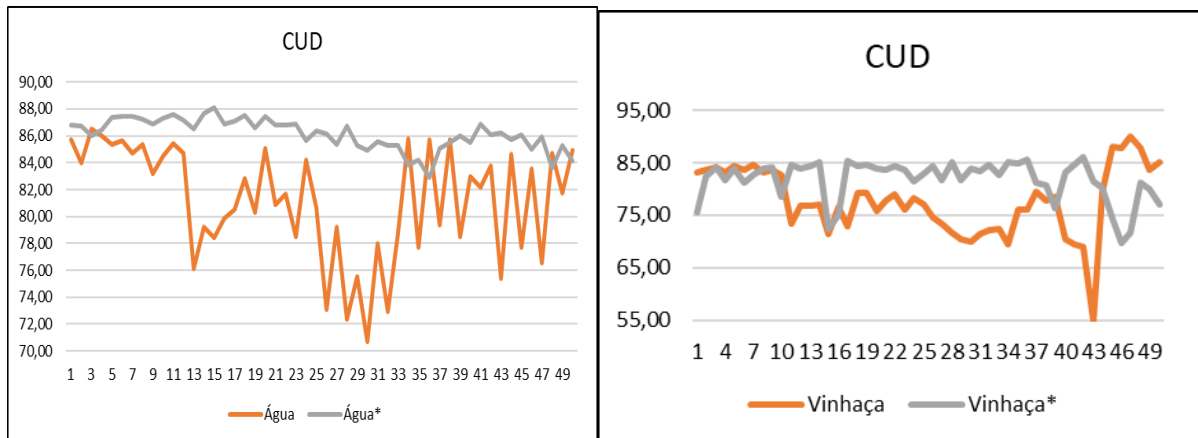
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA E UNIFORMIDADE

Utilizando os dados coletados foram calculados os Coeficiente de Uniformidade e Limites Inferior e Superior com as equações (2), (3), (5), (6), (7) e (8).

Pelos dados de Coeficiente de Uniformidade de Distribuição pode-se fazer uma comparação dos líquidos com e sem a adição do polímero redutor Poliacrilamida (Figura 10). Ambos os líquidos tiveram reação positiva com a adição de Polímero sendo a água foi de 81,22% para 86,15% com um aumento de 4,93% na Uniformidade de Distribuição. Para a, vinhaça foi de 77,67% para 81,79% obtendo um aumento de 4,12%, seguindo as informações da Tabela 1 tanto água quanto polímero se mantiveram classificadas como boas.

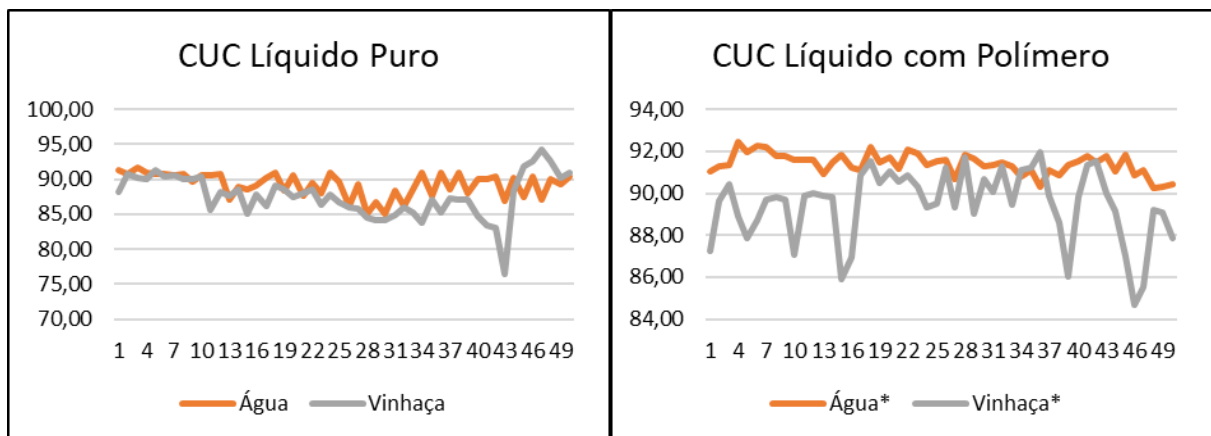
FIGURA 10 - COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO (CUD).



*Líquido com Polímero.

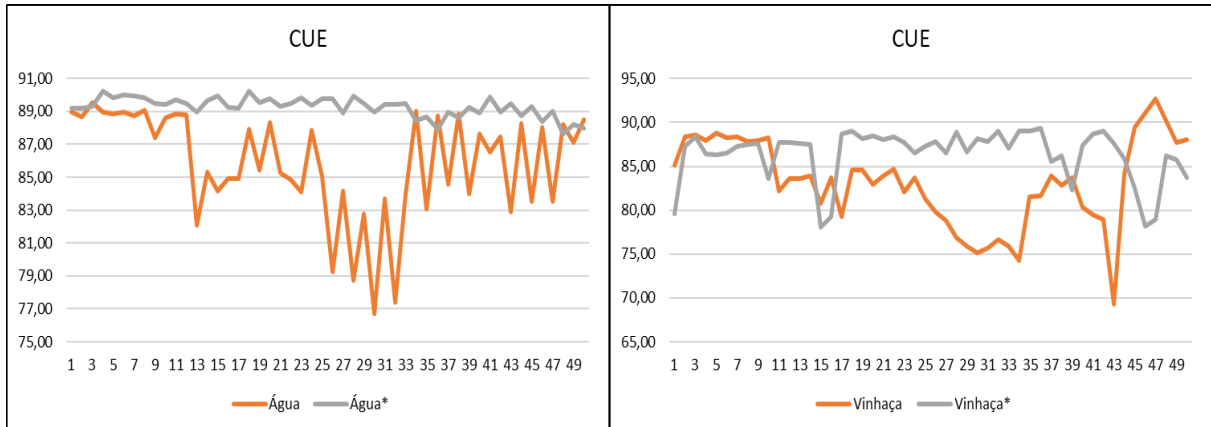
Na Figura 11 é observada a comparação dos líquidos com e sem a adição de Polímero quando o coeficiente avaliado foi o CUC, em que os líquidos naturais (sem adição de agente redutor) tem uma distribuição com pequenas variações e, com o agente redutor a água tem uma distribuição uniforme, porém quando do escoamento da vinhaça ocorreram picos de variação devido a matéria orgânica que causou obstrução dos emissores, fato este que foi necessária parada do sistema para efetuar limpeza do filtro para então continuar as análises.

FIGURA 11 – COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE CHRISTIANSEN (CUC).



Na figura 12 é observado o CUE com e sem a adição do polímero, em água fica visível a maior uniformidade com o agente redutor de atrito, já na vinhaça ocorrem picos devido aos problemas já recorrentes de entupimento.

FIGURA 12 - COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE ESTATÍSTICA (CUE).



4.1.1 GRÁFICOS DE CONTROLE

Nas figuras (13) e (14), os valores médios de CUC 89,28%(água), 91,41%(água com Poliacrilamida), 87,62% (vinhaça) e 89,46 (vinhaça com Poliacrilamida), seguindo as informações da Tabela 2 para água os resultados foram de bom para excelente e a vinhaça com um pequeno aumento assim se mantendo classificada como bom, a água ficou dentro dos limites de controle, já a vinhaça bruta apresentou uma queda que acabou ultrapassando o Limite Inferior de Controle assim saindo de uma condição normal de trabalho porém após esse ponto ela volta a subir, o ganho calculado foi de 2,13% e 1,84 para água e vinhaça respectivamente.

FIGURA 13 - CUC ÁGUA COM E SEM POLÍMERO

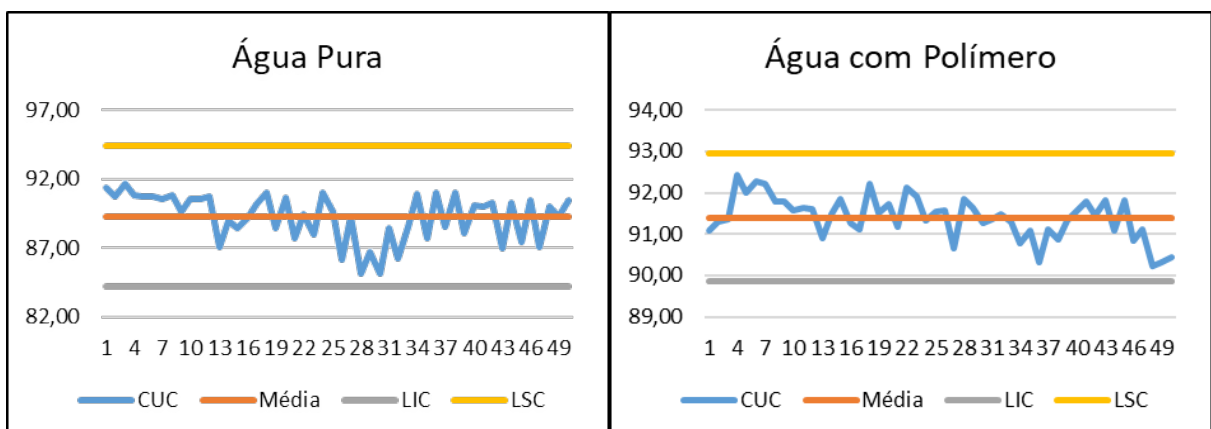
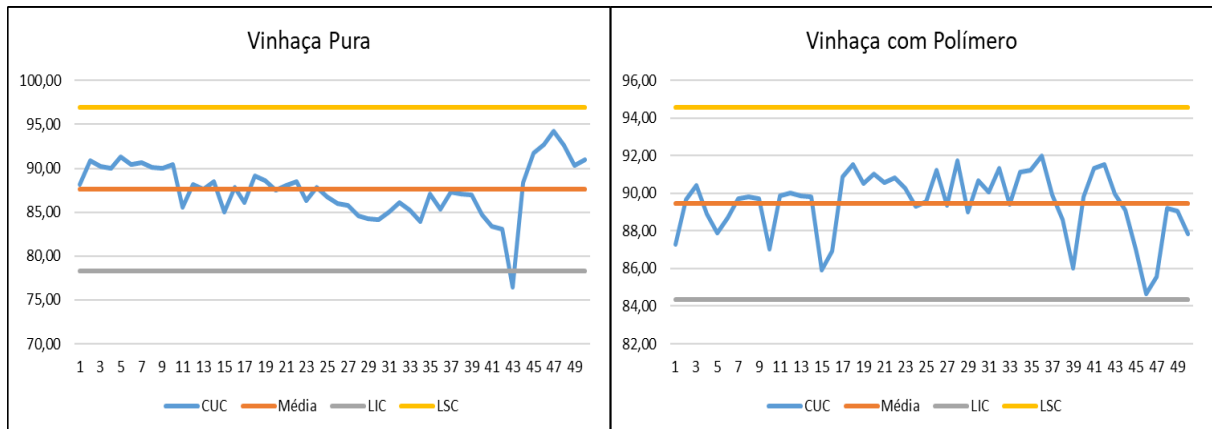


FIGURA 14 - CUC VINHAÇA COM E SEM POLÍMERO



Nas figuras (15) e (16), estão os Gráficos de Controle do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, onde a água com polímero obteve uma distribuição mais uniforme ficando assim dentro dos limites calculados, na vinhaça ocorreram picos de valores mínimos, que quando da adição de polímero houve uma tendência de normalização da uniformidade

FIGURA 15 - CUD ÁGUA COM E SEM POLÍMERO

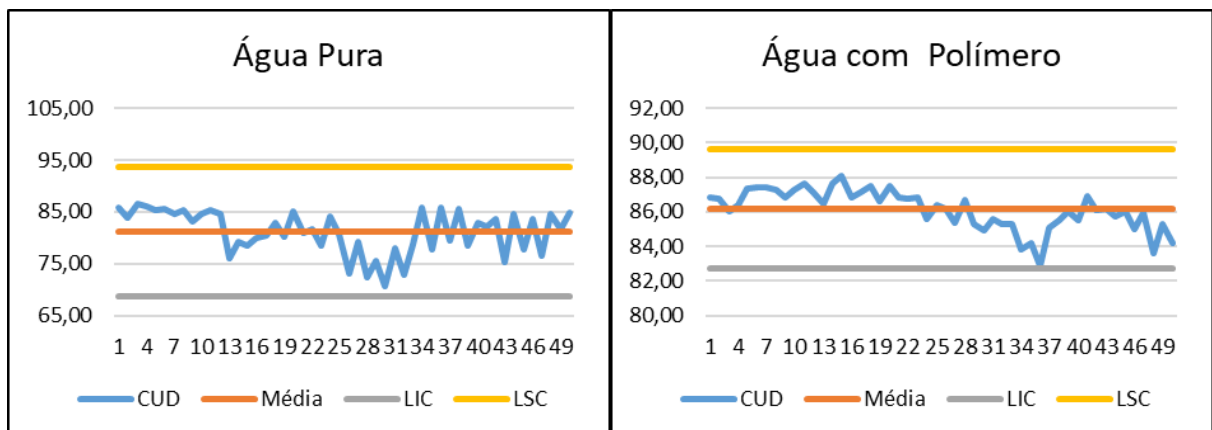
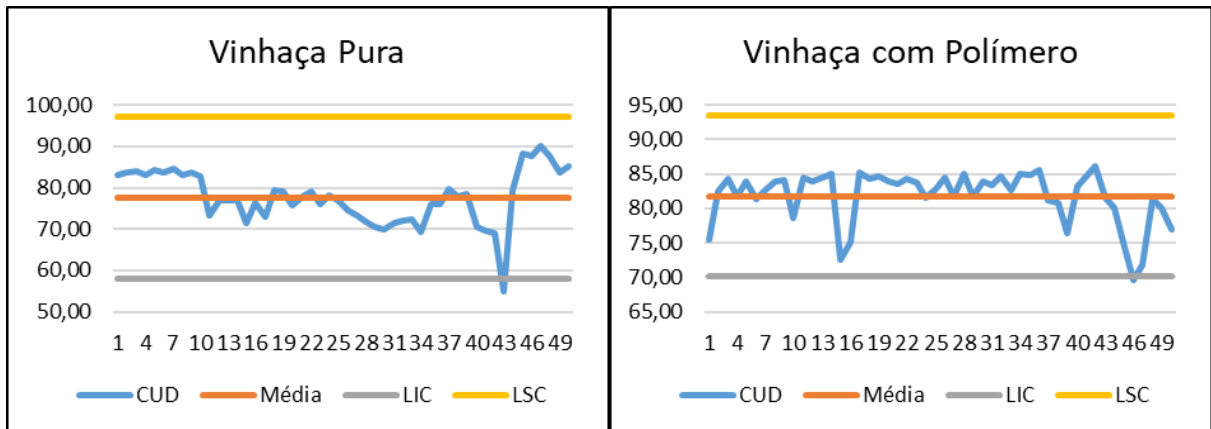


FIGURA 16 - CUD VINHAÇA COM E SEM POLÍMERO



O Coeficiente de Variação (Cv) a média para água, água com Poliácrilamida, vinhaça e vinhaça com acréscimo de Poliácrilamida foi de 0,14; 0,11; 0,17; 0,14 ambos classificados como pobres pela tabela 3.

Para a Uniformidade Estatística (CUE) a média para a água, água com Poliácrilamida, vinhaça e vinhaça com acréscimo de Poliácrilamida foi de 85,85%, 89,28%, 83,16% e 86,35%, respectivamente, de acordo com a tabela 4 a classificação se manteve em boa. Observando as Figuras 17 e 18 os dados não ultrapassaram os limites de especificação (inferior e superior).

FIGURA 17 - CUE ÁGUA COM E SEM POLÍMERO

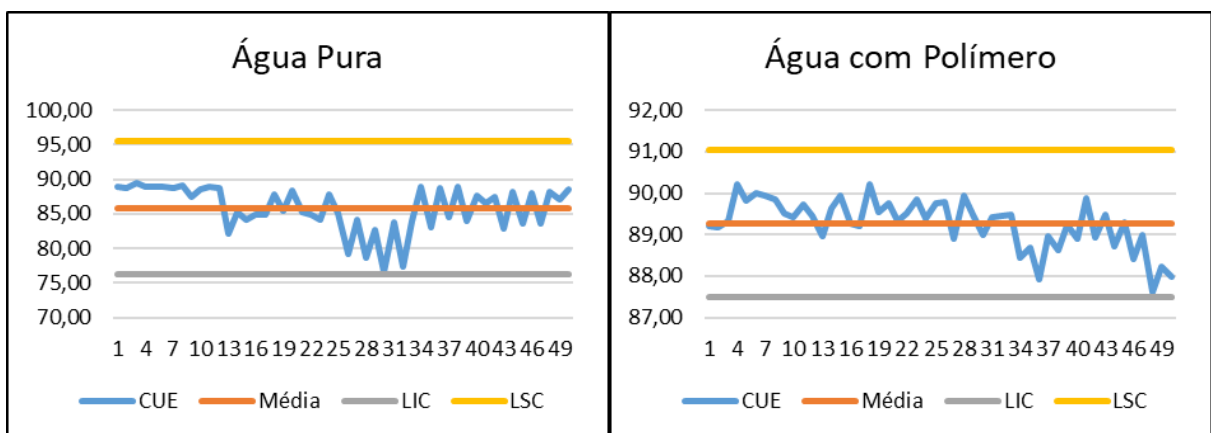
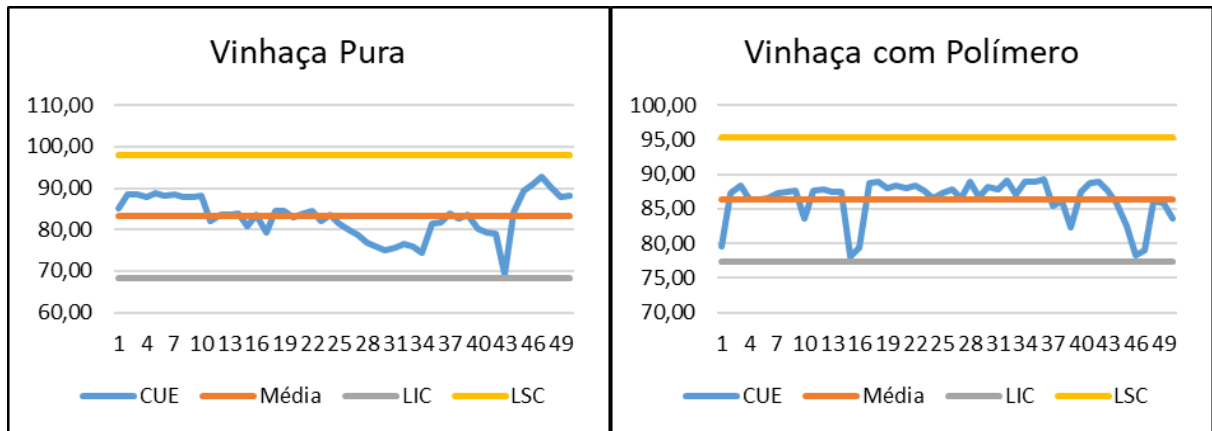


FIGURA 18 - CUE VINHAÇA COM E SEM POLÍMERO



De forma geral, os coeficientes de análise se mostraram dentro dos limites indicados (Superior e Inferior de Controle) para a irrigação (água e água com polímero), apresentando assim características de um processo considerado sob controle, do ponto de vista da análise de qualidade. No caso da fertirrigação com vinhaça pura observou-se na amostra 43 em CUC= 76,49% e CUD= 54,87% que se encontrou abaixo do limite inferior de controle. Com adição de polímero a teve um pondo abaixo do limite inferior de controle CUD= 69,93% na amostra 46 e algumas com grandes variações em relação ao valor médio.

4.2 CAPACIDADE DO PROCESSO

Para cálculo da Capacidade do Processo nos ensaios com água pura e vinhaça com polímero houve a necessidade de efetuar uma transformação dos dados, visto que não apresentaram uma distribuição normal com o teste de Anderson-Darling, onde tem valores muito distantes de zero e os valores p são menores do que a significância de 5% (0,05). Assim uma das alternativas para a utilização dos dados foi a transformação de Johnson. Nos ensaios com água + polímero e vinhaça pura os dados apresentaram distribuição normal por Anderson-Darling, não sendo necessário nenhum tipo de transformação para utilização dos dados.

Campos et al. (2008) desenvolveram um trabalho envolvendo operações mecanizadas agrícolas e controle estatístico de qualidade, onde adotaram uma

simplificação útil na análise de gráficos de controle aplicados a agricultura, onde foi retirado os pontos fora dos limites de controle, com a condição de que mais de 95% dos restantes estejam dentro dos limites não influenciando de forma significativa na amostragem.

O ajuste dos dados foi realizado pelo software Minitab, que também já executa o teste de normalidade de Anderson-Darling para os dados transformados.

Analisando os resultados dos coeficientes, todos foram considerados como bons, para todos os líquidos no que se refere à literatura específica da área e normas. Assim, para o cálculo da capacidade do processo optou-se por utilizar os valores indicados nas normas e/ou literatura como intervalo no qual a irrigação é considerada/classificada como boa, ou seja, neste projeto o Índice de Capacidade do Processo apresentou os valores indicando se as irrigações teriam capacidade, ou seja, tendência ao longo do tempo de continuarem adequadas a apresentarem valores de coeficientes classificados como “Bom”.

A Tabela 5 apresenta os Índices de Capacidade do Processo para os líquidos e as respectivas adições de polímero.

TABELA 5 - CAPACIDADE DO PROCESSO

Líquido	Coeficientes Analisados		
	CUC	CUD	CUE
Água Pura	0,3	0,92	0,54
Vinhaça Pura	0,54	0,38	0,33
Água com Polímero	3,77	2,17	1,07
Vinhaça com Polímero	0,92	0,96	0,74

Como pode ser observado na Tabela 5 a Capacidade do Processo foi analisada pelos coeficientes de uniformidade estudados, já que a média destes coeficientes se classificaram dentro dos padrões de normalidade para o sistema de irrigação por gotejamento, é visível a diferença ao confrontar os índices obtidos, onde para água pura foram 0,30; 0,92 e 0,54 para CUC, CUD e CUE, respectivamente e, para água com adição de polímero 3,77; 2,17 e 1,07 (CUC, CUD e CUE respectivamente), passando de um processo considerado inadequado ou

incapaz de manter os resultados para um processo capaz em CUC e CUD e aceitável em CUE, conforme o indicado por WAKEMA, 1995, que classificou o processo da seguinte forma: $C_p \geq 1,33$, o processo é capaz ou aceitável; se $1 \leq C_p < 1,33$, o processo é aceitável; se $C_p < 1$, o processo é incapaz ou inadequado.

Para a vinhaça o impacto da adição do polímero não é tão grande quanto na água, isso se dá pela quantidade de matéria orgânica presente no líquido, que pode ocasionar entupimentos e interferências externas.

Porém, observando os resultados para CUC, CUD e CUE de, 0,54 ;0,38 e 0,33 respectivamente para vinhaça sem Poliacrilamida, que pode ser classificado como incapaz ou inadequado. Quando adicionada à Poliacrilamida os índices de capacidade do processo foram 0,92; 0,96 e 0,74 para CUC, CUD e CUE respectivamente, que mesmo melhorando os índices, continuam sendo classificados como incapaz ou inadequado.

5 CONCLUSÕES

A água se mostra um líquido versátil, onde foi possível ocorrer uma transformação considerável com a aplicação de polímero redutor de atrito. Já a vinhaça é um líquido que demanda muito cuidado em sua aplicação principalmente em sistema de gotejamento onde pode ocorrer entupimentos dos emissores

Assim, diante dos resultados obtidos ao longo deste trabalho, pode-se concluir que o uso do polímero redutor de atrito em água é visível nos gráficos de controle onde sua variação é reduzida para próximo da média como pode ser observado nos gráficos de CUC, CUD e CUE, a vinhaça por ser um líquido que contém partículas sólidas não apresenta uma boa uniformidade de distribuição e quando aplicado o polímero essa diferença é pouco se comparado com a água, o líquido puro chega a apresentar coeficiente abaixo do limite inferior de controle e com polímero passa a ficar dentro dos limites de especificação.

A capacidade do processo aplicada aos coeficientes CUC, CUD e CUE, que foram analisadas pelas normas existentes para o sistema de irrigação por gotejamento, mostra que a água é um líquido que consegue ser transformado com a adição de polímero passando de um processo considerado inadequado ou incapaz para um processo capaz, assim mostrando que seu uso pode trazer benefícios, já a

vinhaça devido sua composição não teve um resultado tão bom se comparado a água, pois o sistema continuou sendo considerado inadequado ou incapaz.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS – ASAE. Field evaluation of micro irrigation Systems. St. Joseph, 4 p. 1994.

ANA Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Brasília: Brasil, 2017

ASAE - American Society of Agricultural Engineers. EP458 (1994), Field Evaluation of Microirrigation Systems, 792-797.

BAFFA, David Carlos Ferreira et al. O uso da Vinhaça na cultura da cana-de-açúcar. 2009. 16 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009. Disponível em: <http://nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/92/283>. Acesso em: 05 maio 2020.

BERNARDO, Salassier; SOARES, Antonio Alves; MANTOVANI, Everardo Chartuni. Manual de Irrigação. 8. ed. Viçosa: Ufv, 2006.

BIZZOTO, V. C.; ALKSCHBIRS, M. I.; SABADINI, E. Uma revisão sobre o efeito Toms – o fenômeno onde macromoléculas atenuam a turbulência em um líquido. Química Nova. São Paulo, v. 34, n. 4, p. 658-664, 2011.

BUZOLIN, P.R.S. Efeitos da palha residual da colheita mecanizada, associada a fontes de potássio e doses de nitrogênio, no solo e nas socas de cana-de-açúcar. 1997. 98 f. 1986. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal

CAMPOS, C. M.; MILAN, M.; SIQUEIRA, L. F. F. Identificação e avaliação de variáveis críticas no processo de produção de cana-de-açúcar. Engenharia Agrícola, v. 28, n. 03, p. 554-564, 2008

CARVALHO, Malena Cordeiro da Silva. A importância da formação de preços. 17ª Ed. Revista Científica Semana Acadêmica. Vol. 1, 2012. ISSN 22366717.

CHRISTIANSEN, J.E. Irrigation by sprinkler. Berkeley: California Agricultural Station, 1942. 212p.

CRIDDLE, W.D.; DAVIS, S.; PAIR, C.H.; SHOCKLEY, D.G. Methods for evaluating irrigation systems. ashington DC: Soil Conservation Service - USDA, 1956. 24p.

EMBRAPA. Irrigação: Sistema de Produção. ISSN 1807-0027, Brasília, 2010.

GEMTOS, T. A.; CHOULIARAS, N.; MARAKIS, S. Vinasse rate, time of application and compaction effect on soil properties and durum wheat crop. Journal of Agriculture and Engineering Research, New York, n. 3, v. 73, p. 283-296, 1999.

JOHNSON, N.L. Systems of Frequency Curves Generated by Methods of Translation. *Biometrika*, v.36, 1949.

JUSTI, André Luiz. Efeito do uso de polímero redutor de atrito no escoamento forçado de água e vinhaça. 2012. Tese (Doutorado em Agronomia - Irrigação e Drenagem) - Universidade Estadual Paulista —Júlio De Mesquita Filholl Faculdade De Ciências Agronômicas, Botucatu - SP, 2012.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133 p.

LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck; FERREIRA, Raquel Scalia Alves; CHRISTOFIDIS, Demetrios. O uso da irrigação no Brasil. Brasília: Embrapa, 1999. 16 p.

MANTOVANI, Everardo Chartuni; BERNARDO, Salassier; PALARETTI, Luiz Fabiano. Irrigação: Princípios e métodos. 3. ed. Viçosa: Ufv, 2009.

MIRANDA, R. G. Um Modelo para Análise de Capacidade de Processos com Ênfase na Transformação de Dados. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2005.

MONTGOMERY, Douglas C.. Introdução ao controle estatístico da qualidade. 4. ed. Arizona: Arizona State University, 2001.

OLIVEIRA, E. S. Análise de dados não-normais no contexto da metodologia six sigma. Trabalho de diplomação (Graduação em Engenharia de Produção e Gestão) – Instituto de Engenharia de Produção e Gestão, Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, Itajubá, 2005.

REZENDE, J. O. Vinhaça: Outra Grande Ameaça ao Meio Ambiente. *Magistra*, Cruz das Almas, v.1, jun.- jul., 1984.

Rossetto, A. J. Utilização agronômica dos subprodutos e resíduos da indústria açucareira e alcooleira. In: Paranhos, S.B. (ed.). *Cana-de-açúcar: cultivo e utilização*. Campinas: Fundação Cargill, 1987, v.2, p.435-504.

SENAR. Irrigação: Gestão e Manejo. Brasília: Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR, 2019.

SILVA, César Antônio da. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, Uberlândia, v. 8, n. 4, p.1-17, dez. 2005. Disponível em: <http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/Tm9d5yhlcpzey1x_2013-4-29-15-39-59.pdf>. Acesso em: 19 maio 2019.

SOLOMON, K.H. Manufacturing variation of trickle emitters. *Transactions of ASAE*, St. Joseph, v. 22, n. 5, p. 1034-1038, 1043, 1979.

SOUZA, Francisca Adriana Fernandes. Adaptação de Lodo Sanitário e Industrial ao Tratamento do Vinhoto. 96 p. 2011. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciência e Tecnologia – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

TAMAGI, Jorge Tomoyoshi; URIBE-OPAZO, Miguel Angel; JOHANN, Jerry Adriani; BOAS, Marcio Antonio Vilas. Uniformidade de distribuição de água de irrigação por aspersores compensantes e não compensantes em diferentes alturas. 2016. 50 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2016.

TASSO JÚNIOR, L. C., MARQUES, M. O., FRANCO, A., NOGUEIRA, G. D. A.,

TESTEZLAF, Roberto. Irrigação: Métodos, sistemas e aplicações. Campinas: Bae - Unicamp, 2017. Disponível em: <www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?down=74329>. Acesso em: 18 maio 2019.

VIRK, P. S.; MERRILL, E. W.; MICKLEY, H. S.; SMITH, K. A.; MOLLOCHRISTENSEN, E. L. The Toms phenomenon: turbulent pipe flow of dilute polymer solutions. Journal of Fluid Mechanics. Cambridge, n. 2, v. 30, p. 305- 328, 1967.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos. 6. ed. Belo Horizonte, MG: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1995. 106 p.

WILCOX, J.C.; SWAILES, G.E. Uniformity of water distribution by some under tree orchard sprinklers. Scientific Agriculture, v.27, n.11, p.565-583, 1947.