

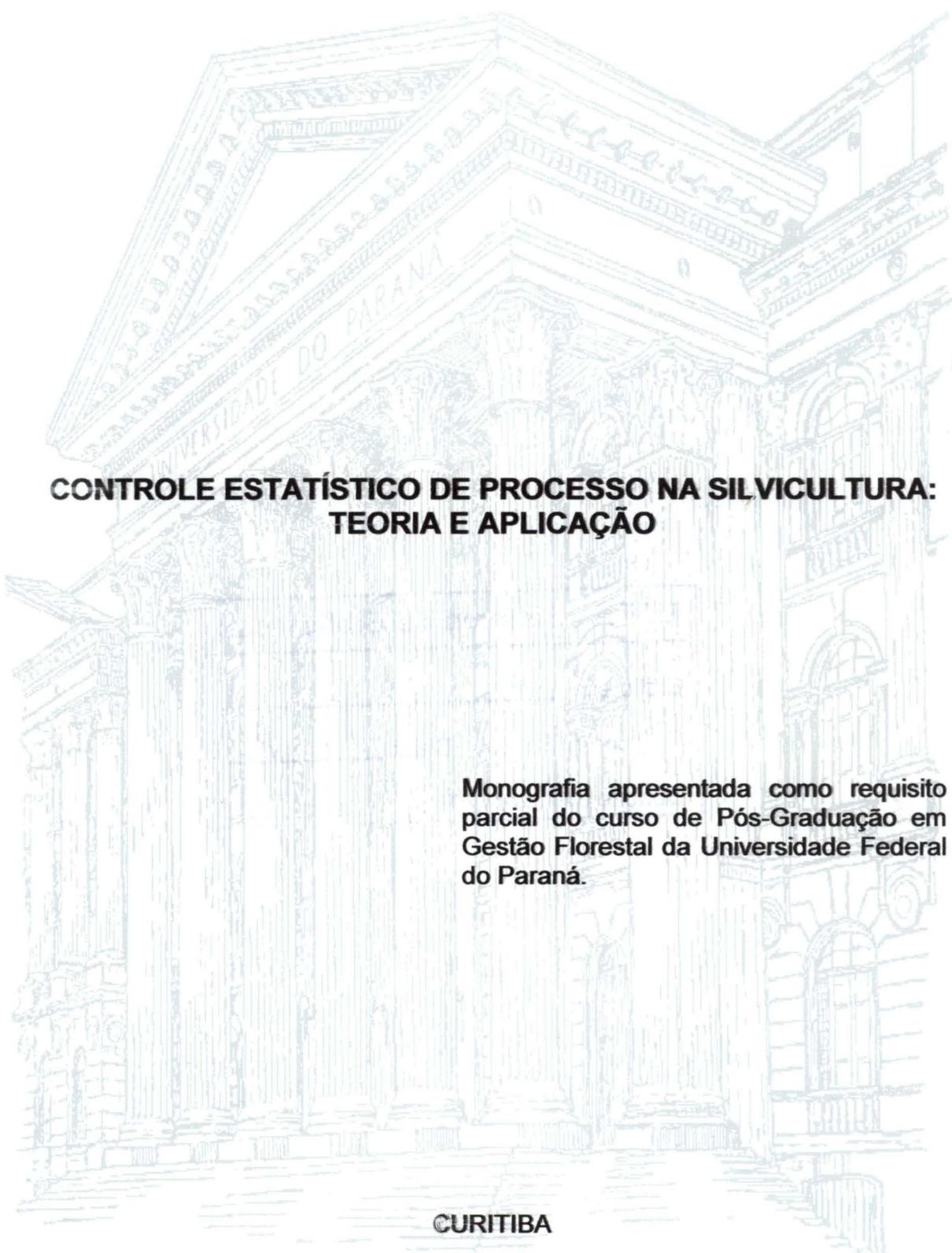
ERIC BASTOS GÖRGENS

**CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO NA SILVICULTURA:  
TEORIA E APLICAÇÃO**

CURITIBA

2011

ERIC BASTOS GÖRGENS



**CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO NA SILVICULTURA:  
TEORIA E APLICAÇÃO**

Monografia apresentada como requisito parcial do curso de Pós-Graduação em Gestão Florestal da Universidade Federal do Paraná.

CURITIBA

2011

*A você...*

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal do Paraná e à PECCA, pela oportunidade de realização do Programa de Pós-Graduação em Gestão Florestal.

Ao professor e orientador Márcio Pereira da Rocha pelos conselhos essenciais para a concretização deste trabalho.

À Companhia do Vale do Araguaia pela concessão dos dados utilizados para o presente estudo.

À Pollyanna pelo amor incondicional.

Aos meus pais, Jacy e Robert, e à minha irmã Diana pela companhia, compreensão e amor.

## BIOGRAFIA

ERIC BASTOS GÖRGENS, filho de Robert Görgens e Jacy Bastos Görgens, nasceu em 5 de junho de 1983, na cidade de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais.

Em dezembro de 2000, concluiu o ensino médio no Colégio Loyola, em Belo Horizonte.

Em abril de 2001, iniciou o curso de Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa, concluindo-o em julho de 2005, recebendo Votos de Louvor pelo desempenho acadêmico.

Durante a graduação foi bolsista de iniciação científica pelo CNPq, integrou o grupo de manejo do Departamento de Engenharia Florestal e participou da equipe de desenvolvimento da Treesoftware. Estagiou nas empresas Suzano Papel e Celulose e Celulose Nipo-Brasileira – CENIBRA.

Em agosto de 2005, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em 29 de novembro de 2006.

De outubro de 2006 a fevereiro de 2008 trabalhou na Unidade Aço Florestal da Votorantim Metais, em Vazante (MG).

Desde março de 2008, trabalha na Companhia do Vale do Araguaia, em Água Boa (MT).

Desde 2009 é professor das Faculdades Cathedral, ministrando aulas para os cursos de Administração e Agronegócio.

## SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS .....	iii
BIOGRAFIA .....	iv
SUMÁRIO.....	v
LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	vi
RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	2
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	14
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	24
6. REFERÊNCIAS .....	25

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1	Intervalo de datas e descrição das atividades analisadas.	8
Figura 1	Gráfico de controle evidenciando pontos fora de controle.	4
Figura 2	Gráfico de controle evidenciando uma sequência.	5
Figura 3	Gráfico de controle evidenciando uma periodicidade.	5
Figura 4	Gráfico de controle evidenciando uma tendência.	6
Figura 5	Gráfico de controle evidenciando um processo com duas fases distintas.	6
Figura 6	Fluxograma de elaboração de um gráfico de controle.	12
Figura 7	Atividades que apresentaram duas ou mais fases no gráfico de controle.	14
Figura 8	Atividades que apresentaram um processo controlado, no qual os limites originais coincidiram com os limites naturais.	15
Figura 9	Gráficos das atividades com os limites originais os limites naturais, após a eliminação dos pontos fora de controle.	16
Figura 10	Atividades com padrão de periodicidade no gráfico de controle.	19
Figura 11	Atividades com padrão de sequência no gráfico de controle.	20
Figura 12	Atividades com padrão de tendência no gráfico de controle.	21

## RESUMO

Este estudo teve como objetivo aplicar a metodologia proposta por Wheeler aos dados silviculturais da Companhia do Vale do Araguaia (Araguaia), que iniciou seus plantios de teca na região de Água Boa, Mato Grosso em 2006. A imagem do banco de dados sob análise é composta por 2.151 registros, contemplando 13 atividades realizadas nos projetos 2006/2007, 2007/2008, 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011, até 08 de julho de 2010. Os rendimentos de cada atividade foram avaliados através de gráficos de controle do tipo XmR. Grande parte das atividades avaliadas apresentou pontos fora da variação natural do processo ou critérios como tendência, sequência e periodicidade. Estas evidências de falta de controle indicam que o CEP aplicado às atividades silviculturais permitem uma melhora no processo silvicultural da empresa

## **ABSTRACT**

This work objective was to apply the Wheeler methodology to silvicultural data from Companhia do Vale do Araguaia, which has started his teak plantations in Água Boa region, since 2006. The image of data base analyzed had 2.151 registers, about 13 activities, developed in 5 different projects: 2006/2007, 2007/2008, 2008/2009, 2009/2010 and 2010/2011, until 08th July, 2010. The activities numbers was analyzed by XmR control charts. Many of them have presented points or characteristics that showed behavior out of control. This shows opportunities to improve the silvicultural process using statistical process control techniques.

## 1. INTRODUÇÃO

Todo conjunto de atividades organizadas de modo sequencial, que modifica insumos obtendo um produto ou serviço pode ser chamado de processo.

Com o avanço tecnológico grande parte dos processos é monitorada continuamente, fazendo com que as empresas tenham armazenado amplo e consistente conjunto de informações sobre as atividades executadas.

Diversas metodologias foram desenvolvidas para transformar essa massa de informação em conhecimento na busca da melhoria do processo e no subsídio para a tomada de decisões. Entre elas encontra-se o controle estatístico de processo (CEP).

A cadeia produtiva da madeira vem recebendo esforços visando a padronização, mecanização, monitoramento e registro das suas atividades. Isso permite que ferramentas de controle de processo e de qualidade sejam aplicadas.

Pouco se conhece sobre a aplicação do controle estatístico de processo nas atividades de implantação e manutenção florestal. Até então, as iniciativas tem sido dirigidas para o controle de qualidade, ou seja, na busca da redução ou controle das não conformidades, visando obter um produto final de alta qualidade. No entanto, uso de técnicas que auxiliem a melhoria do processo, combinado com o monitoramento da qualidade é fundamental para assegurar um negócio competitivo.

Este trabalho visou propor e avaliar o uso de metodologia para aplicar o controle estatístico de processo em atividades silviculturais através de um estudo de caso.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O CEP se baseia na utilização de métodos estatísticos para monitorar e controlar o processo de forma a assegurar que os produtos estejam sendo produzidos na qualidade desejada dentro do máximo potencial de operação (WHEELER, 2001; LIMA et al, 2006).

Segundo Montgomery (1997) a vantagem de utilizar métodos estatísticos no monitoramento e controle de processo é a eliminação das avaliações subjetivas.

Embora seja necessária a execução de cálculos matemáticos, com o avanço da informática, os processos podem ser monitorados continuamente, gerando gráficos atualizados instantaneamente à medida que as informações de produção são coletadas e armazenadas pelos sensores automatizados.

Quando se avalia a cadeia produtiva da madeira, pode-se verificar que o uso destas ferramentas de controle de processo ainda é tímido. Por outro lado, a cadeia de subprodutos da madeira, principalmente associada ao processo fabril, a utilização do controle estatístico de processo é comum, sendo inclusive encontradas técnicas mais avançadas como, por exemplo, o Seis Sigma (BREYFOGLE et al, 2001, LARSON, 2003)

Grande parte desta diferença se dá pelo nível tecnológico aplicado em cada uma das cadeias. Nas atividades industriais, o monitoramento e obtenção de informações da produção são essenciais.

O primeiro registro da utilização do controle estatístico de processo foi quando Walter A. Shewhart, em 1924 sugeriu que se utilizassem gráficos de controle para se

avaliarem as inspeções dos produtos fabricados pela indústria em que trabalhava, *Bell Telephone Laboratories* (VIEIRA, 1986).

Shewhart (1986) mostra que quando os dados seguem a curva de distribuição normal, todo processo possui uma variação natural, sob o qual não é possível atuar. Por outro lado, os processos que estivessem fora do controle estatístico de processo, possuiriam uma variação sobre a qual ações poderiam ser tomadas, visando sua melhoria.

Esse é o principal conceito do controle de processo. Atuar nos eventos cuja variação está fora do controle estatístico de processo. São apenas estes eventos que possuem causas explicáveis e tratáveis (ISHIKAWA, 1972).

Somente durante a 2ª Guerra Mundial é que as técnicas de controle de processo foram realmente utilizadas. Após 1950, novo impulso foi dado quando o Japão começou a implantar o programa de qualidade total em suas indústrias (WERKEMA, 1995).

O processo é constituído por atividades logicamente relacionadas que atuam sobre os insumos para a obtenção de um produto ou serviço (WESTERN ELECTRONIC COMPANY, 1956). Um processo pode ser dividido em causas, seguindo a metodologia proposta por Ishikawa. Sendo elas: insumos, equipamentos, medidas, condições ambientais, pessoas e procedimentos. Desta forma, quando se identifica uma variação não natural do processo, deve-se buscar identificar qual a causa desta variação. E é atuando nesta, que melhorias poderão ser implementadas visando tornar o processo mais estável.

Para se implantar o controle de processo, o primeiro passo é definir quais as características que devem ser monitoradas, para avaliar se um processo está dentro ou fora de controle. A coleta dos dados se dá através de boletins de operações, que podem ser manuais ou automatizados.

Grande parte das empresas florestais já possui estas etapas informatizadas ou semi informatizadas dentro de seus sistemas de gestão florestal. Estes sistemas de monitoramento de atividades são normalmente construídos na plataforma MRP II (*Manufacturing Resource Planning*).

Estas plataformas baseiam-se no monitoramento das atividades planejadas através do acompanhamento do consumo de recursos, sendo eles: diárias, hora máquina e insumos (herbicidas, fertilizantes, mudas, etc.) (ORLICKY, 1975).

É comum no setor florestal que as atividades sejam acompanhadas através da definição de metas, que são então repassadas às equipes de campo, próprias ou terceiras. A determinação deste valor de referência é geralmente feita pela média histórica.

Os gráficos de controle podem ser úteis neste processo de acompanhamento da meta, uma vez que mostram qual a faixa em que o processo naturalmente flutua. Servindo como referência mais justa para o estabelecimento de rendimentos alvo.

Os gráficos de controle apresentam os pontos de controle relativo à faixa de variação natural do processo, onde os desvios podem ser de causas naturais, quando estão dentro dos limites. Ou podem ser de causas não naturais, quando os pontos estão fora dos limites. Os gráficos de controle não mostram a causa do desvio, apenas identificam em que ponto do processo ocorreu um desvio não natural.

A análise de um gráfico de controle deve levar em consideração quatro padrões principais para identificar a falta de controle de um processo: pontos fora dos limites de controle, periodicidade, sequência, tendência (WERKEMA, 1995).

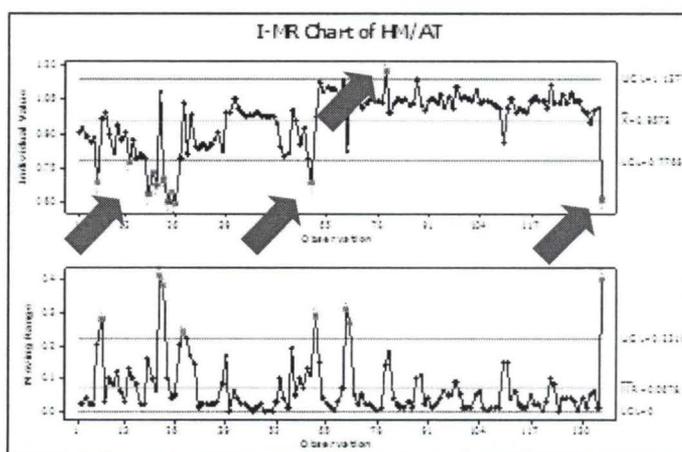


Figura 2 – Gráfico de controle evidenciando pontos fora de controle.

A figura 1 evidencia a existência de pontos fora dos limites de controle. Estes são o indicativo mais expressivo de que causas não naturais (ou assinaláveis)

influenciam o processo. Conforme Wheeler (2001), estes pontos fora dos limites naturais são sinais de que algo excepcional ocorreu no processo produtivo.

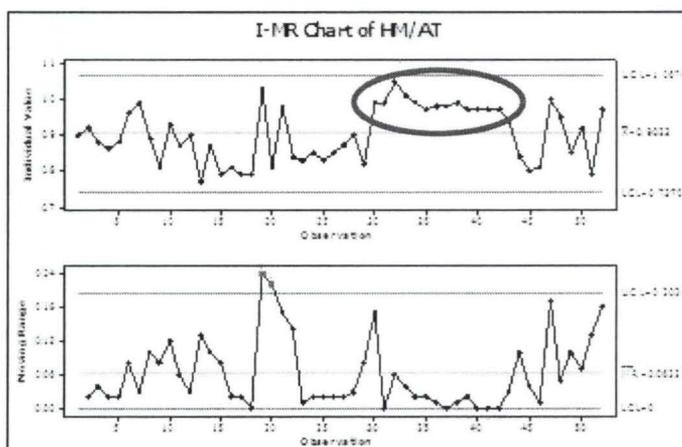


Figura 2 – Gráfico de controle evidenciando uma sequência.

O padrão encontrado na figura 2 foi denominado por Shewhart (1986) como sequência. Essa é encontrada quando um conjunto seguido de pontos está acima ou abaixo da linha média. A sequência geralmente ocorre em um conjunto de 7 ou mais pontos.

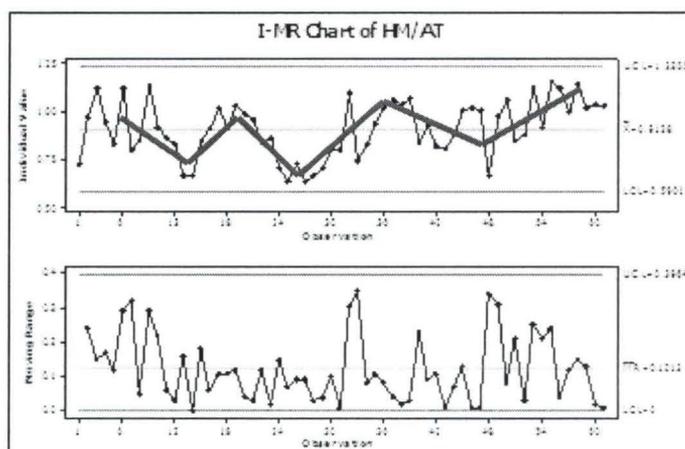


Figura 3 – Gráfico de controle evidenciando uma periodicidade.

A periodicidade é encontrada quando existe um conjunto de pontos acima seguido de uma sequência de pontos abaixo da linha média, num padrão de ondas, como pode ser visto na figura 3.

Segundo Werkema (1995), a periodicidade pode ser causada por diferenças entre operadores, máquinas, mudanças sistemáticas na atenção, no controle ou na

motivação da equipe.

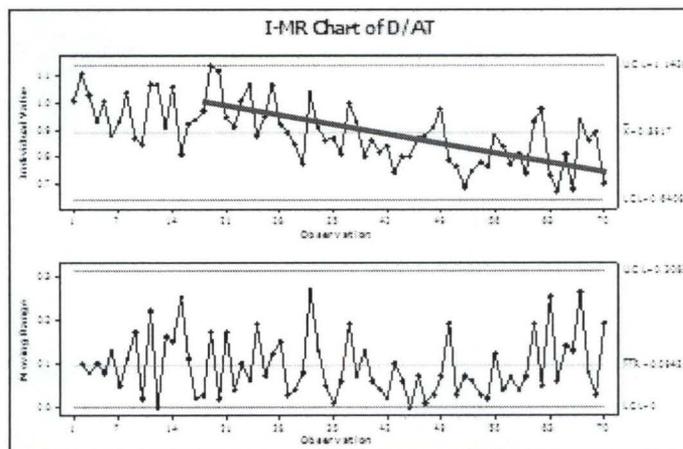


Figura 4 – Gráfico de controle evidenciando uma tendência.

Um padrão de tendência pode ser identificado na figura 4. Ele consiste num acréscimo ou decréscimo dos pontos em direção a um dos limites, superior ou inferior, do gráfico de controle (SHEWHART, 1986).

Este efeito pode ser associado ao cansaço de operadores, desgaste do equipamento ou aumento da supervisão. Uma tendência também pode surgir quando existem variações ambientais como temperatura, umidade ou vento (WERKEMA, 1995).

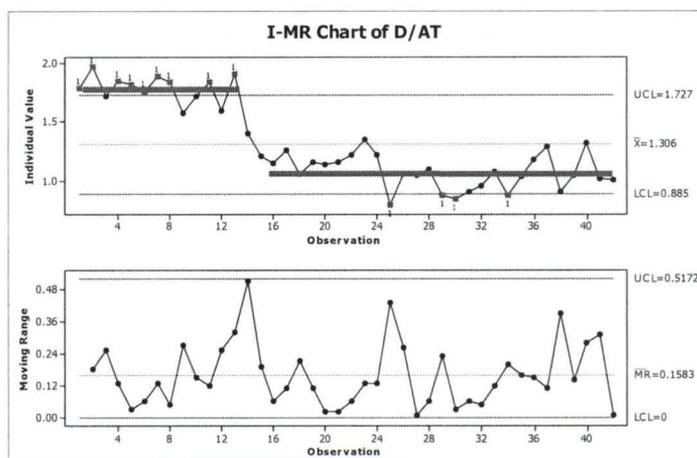


Figura 5 – Gráfico de controle evidenciando um processo com duas fases distintas.

Há casos em que o gráfico de controle apresenta uma mudança abrupta na distribuição dos pontos de controle, evidenciando a existência de duas fases distintas do processo (figura 5). Nestes casos, é essencial a separação e análise

destas fases com seus próprios limites. A não separação pode ocasionar graves desvios de interpretação.

Nem sempre a investigação da causa de um dos padrões de falta de controle é trivial. No entanto ela é essencial. A investigação permite ao gestor conhecer as causas dos desvios e direcionar ações que busquem obter um processo mais estável e controlado (WHEELER, 2001).

Possuir um processo estável permite à empresa assegurar resultados dentro das expectativas, além de assegurar confiabilidade nas previsões, fato fundamental para o planejamento adequado de recursos, como tempo, mão de obra, insumos e máquinas.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo. Este estudo foi conduzido com dados da Companhia do Vale do Araguaia (Araguaia), que iniciou suas atividades de plantio de teca na região de Água Boa, Mato Grosso em 2006. A empresa atua no manejo de florestas de *Tectona grandis* (Teca) e todas as operações florestais são monitoradas através de um *software* especializado em gestão florestal. Este *software* registra, em um banco de dados, todas as atividades que ocorreram nos respectivos talhões da empresa.

As atividades são apontadas pelos supervisores de campo e enviadas através do BDO (boletim diário de operações) para o sistema. Os apontamentos são rotineiramente consolidados e validados pela gerência, contabilidade e diretoria.

Na Companhia do Vale do Araguaia a silvicultura é dividida em duas áreas: implantação e manutenção florestal. A implantação florestal é sempre realizada no período de chuvas. Já a manutenção inicia-se após a adubação de base e segue até a idade de corte, excluindo os desbastes comerciais, que são considerados atividades de colheita.

Atividades analisadas. A imagem do banco de dados sob análise é composta por 2.151 registros, contemplando 13 atividades realizadas nos projetos 2006/2007, 2007/2008, 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011, até 08 de julho de 2010 (Tabela 1).

**Tabela 1 - Intervalo de datas e descrição das atividades analisadas.**

Data Início	Data Fim	Descrição
18-05-07	25-05-10	Ripagem
20-11-06	29-12-09	Subsolagem
22-11-06	23-02-10	Plantio
26-12-06	19-04-10	Adubação de base
27-10-07	21-04-10	Adubação de cobertura manual
08-10-09	12-03-10	Adubação de cobertura mecanizada
08-11-07	14-04-10	Capina química com barra protegida
03-12-07	14-05-10	Capina química sem barra protegida
18-01-07	18-05-10	Capina semi mecanizada
26-09-07	08-04-10	Capina mecanizada entre linha grade
31-01-07	19-06-10	Capina mecanizada entre linha roçada
28-01-08	08-07-10	Desrama manual
01-04-09	08-07-10	Desrama semi mecanizada

**Ripagem.** Atividade essencial quando se identifica a existência de camadas de impedimento ao desenvolvimento radicular abaixo de 70 centímetros de profundidade. O implemento é tracionado por trator de esteira e pode atingir profundidades de até 120 cm.

**Subsolagem.** A subsolagem é fundamental para criar condições adequadas ao crescimento e desenvolvimento radicular. Esta atividade busca quebrar a estrutura física do solo até a profundidade máxima de 70 cm. Durante sua execução, o fosfato é aplicado ao solo a uma profundidade aproximada de 50 cm. O implemento é tracionado por trator de pneus, necessitando de recargas regulares de insumo.

**Plantio.** O plantio é realizado de forma auxiliada com a utilização de matracas, e consiste na operação de introdução da muda no solo.

**Adubação de base.** Esta atividade visa suprir a demanda nutricional inicial das mudas de teca. Ocorre ao longo dos dois primeiros meses após o plantio, e consiste na aplicação manual em cova lateral com incorporação do adubo.

**Adubação de cobertura manual.** A adubação de cobertura visa complementar o suprimento nutricional para o desenvolvimento das árvores de teca. Consiste na aplicação manual de adubo em covas laterais com incorporação.

**Adubação de cobertura mecanizada.** Esta atividade pode ser realizada no lugar da adubação de cobertura manual. A aplicação neste caso se dá de forma

mecanizada, através de filete contínuo com incorporação.

**Capina química mecanizada.** Esta operação visa manter a floresta livre de plantas competidoras. A operação é realizada por trator de pneus tracionando com um tanque pulverizador entre as linhas de plantio. O tanque pulverizador pode ser dividido em dois tipos: com proteção ou sem proteção. Quando as mudas ainda não atingiram altura suficiente, utiliza-se a proteção a fim de evitar a deriva. Nos demais casos, opta-se pela aplicação sem proteção.

**Capina mecanizada.** O controle de matocompetição realizado de forma mecânica pode ser dividido em três métodos conforme o implemento utilizado: grade, roçadeira hidráulica ou motoroçadeiras. Os dois primeiros consistem de implementos tracionados por tratores e o último é um equipamento manual.

**Desrama.** A desrama acontece uma ou duas vezes ao ano, dependendo da intensidade de brotações apresentada pelas árvores. Elas podem ser realizadas com serrote, denominada de desrama manual, ou com motopodas, denominada de desrama semi mecanizada. Seu objetivo é eliminar os ramos até 2 metros de altura da árvore.

Controle estatístico de processo. As atividades listadas acima foram analisadas através do CEP considerando o rendimento em mão de obra (diárias por hectare – D/ha) e em horas máquina (hora máquina por hectare – HM/ha). Para referência temporal foi utilizada a data fim de cada apontamento de operação.

A metodologia utilizada neste trabalho foi proposta por Wheeler (2001), conforme Figura 1. Essa avalia os rendimentos de cada atividade através de gráficos de controle do tipo XmR.

O primeiro gráfico, geralmente denominado de *gráfico X* foi construído utilizando os valores individuais dos apontamentos, a média desses valores e os limites naturais do processo.

O limite natural de processo foi calculado através da seguinte fórmula:

$$LN = \bar{X} \pm (\overline{mR} * d_2)$$

Em que  $\overline{mR}$  é a amplitude móvel média,  $\bar{X}$  é a média dos valores individuais e  $d_2$  é um coeficiente para determinar os limites baseado na distribuição teórica dos dados.

O segundo gráfico, denominado de gráfico de amplitude móvel, foi construído

utilizando as amplitudes móveis (diferença em módulo de dois registros consecutivos, a amplitude média móvel e o limite da amplitude superior que foi calculada através da fórmula:

$$LAS = D_4 * \overline{mR}$$

Em que  $D_4$  é um coeficiente para determinar o limite baseado na distribuição teórica dos dados e  $\overline{mR}$  é a amplitude móvel média.

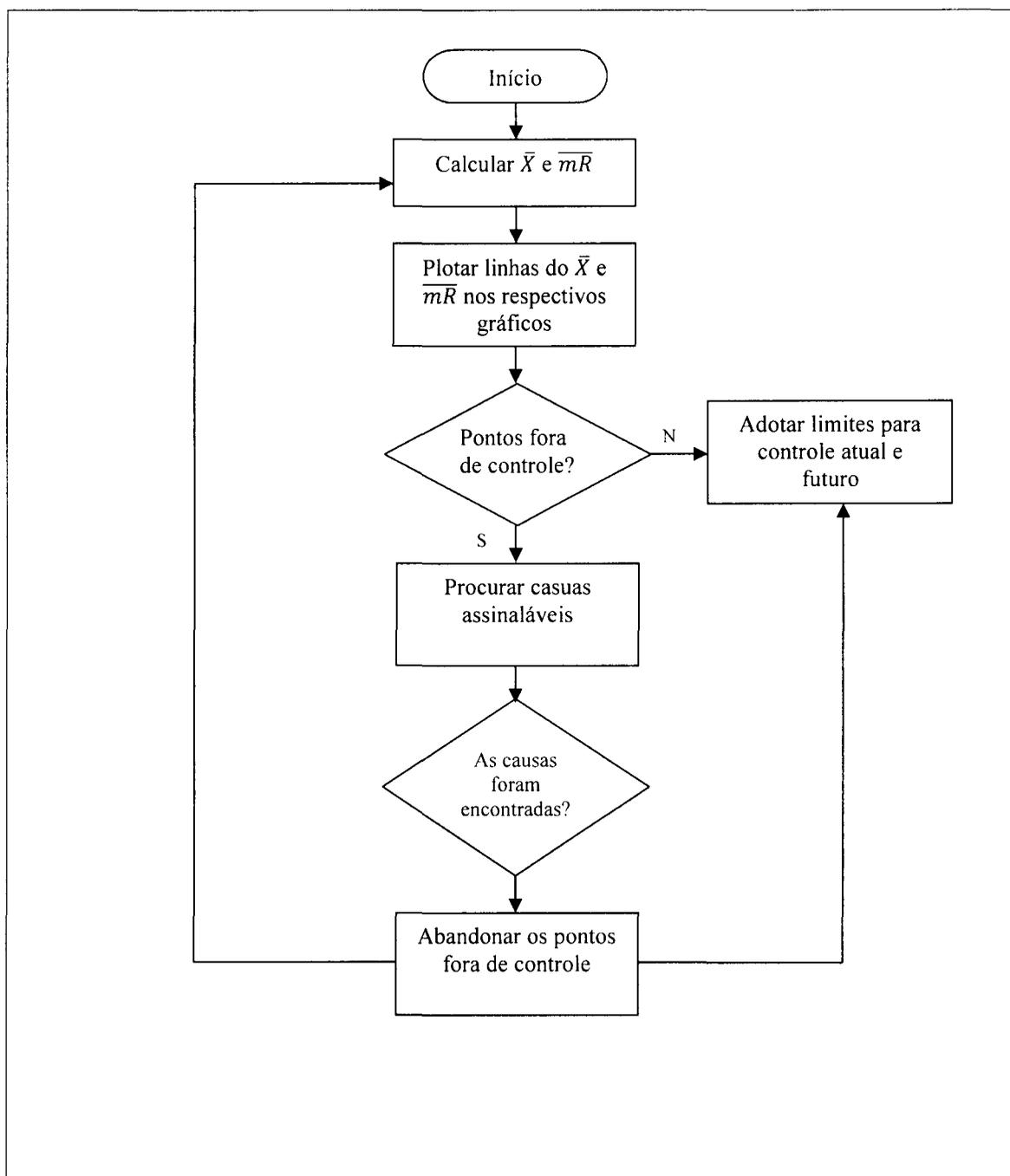


Figura 6 - Fluxograma de elaboração de um gráfico de controle (Adaptado de WERKEMA, 1995).

Os pontos que se apresentarem fora dos limites naturais do processo são eliminados do gráfico e quando possível, devem ser direcionados para uma investigação mais aprofundada a fim de se entender a causa da variação, uma vez que ela não ocorre de maneira natural.

Com os demais pontos, o gráfico deve ser novamente construído e então

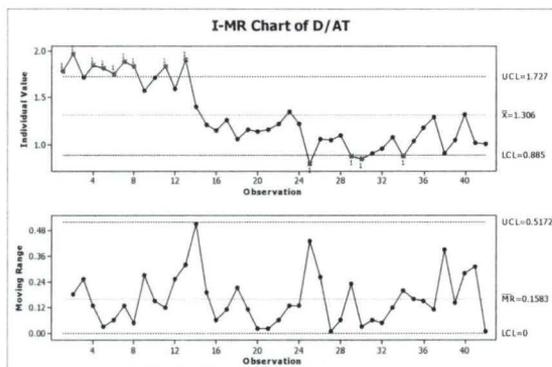
reavaliado até que não haja mais pontos fora dos limites.

Quando esta situação é alcançada, obtêm-se os limites naturais do processo, ou seja, os limites que devem ser respeitados caso o processo esteja estável.

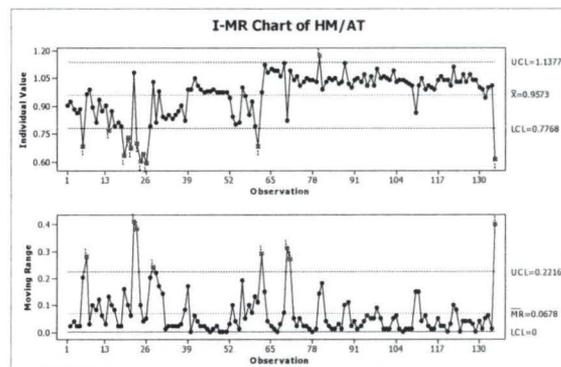
Os gráficos de controle de processo foram construídos utilizando o software MINITAB® Release 14.1.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

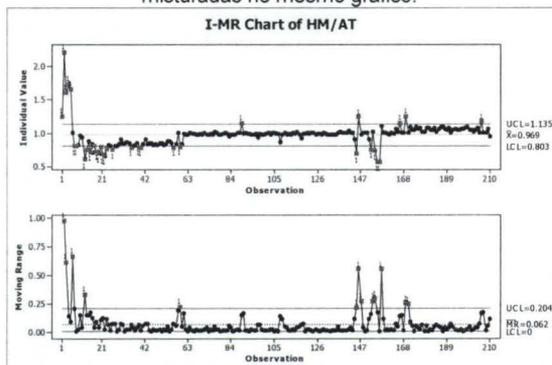
Três atividades apresentaram processos com duas ou mais fases misturadas num mesmo gráfico de controle: adubação de cobertura manual (variável D/ha), capina química com e sem barra protegida (variável HM/ha).



Adubação de cobertura manual (D/ha) com duas fases misturadas no mesmo gráfico.



Capina química sem barra protegida (HM/ha) com duas fases misturadas no mesmo gráfico.



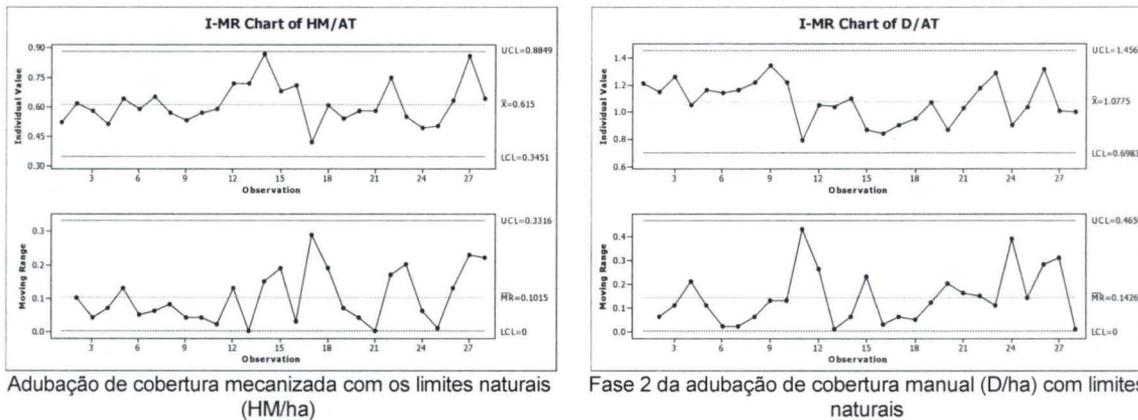
Capina química com barra protegida (HM/ha) com duas fases misturadas no mesmo gráfico.

**Figura 7 – Atividades que apresentaram duas ou mais fases no gráfico de controle.**

De forma semelhante ao processo analisado por Wheeler (2001), na figura 7 identifica-se claramente o ponto de ruptura em que o processo de cada gráfico de

controle sofreu uma interferência alterando o comportamento do processo. Nesses casos, cada uma das fases é analisada de forma independente visando estabelecer o limite natural de processo em cada uma delas.

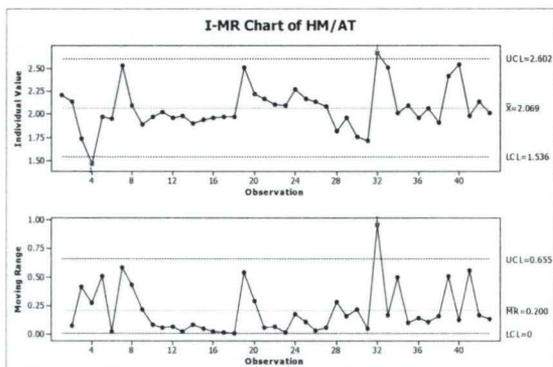
Apenas duas atividades apresentaram um processo estável, no qual os limites originais coincidiam com os limites naturais (figura 8): a fase dois da adubação de cobertura manual (variável D/ha) e a adubação de cobertura mecanizada (variável HM/ha).



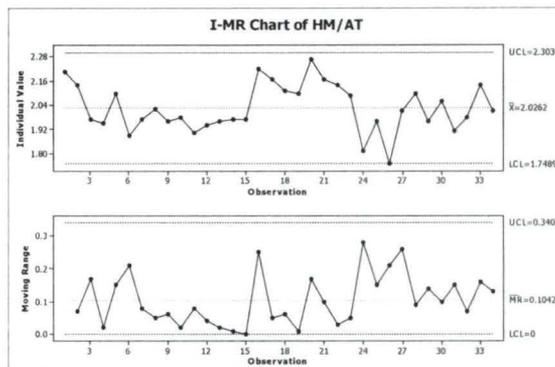
**Figura 8 – Atividades que apresentaram um processo controlado, no qual os limites originais coincidiram com os limites naturais.**

A adubação de cobertura mecanizada e a adubação de cobertura manual não apresentaram nenhum ponto cuja variação ficou fora do limite natural de processo (Figura 8). Seguindo interpretação de Wheeler (2001) para processo com comportamento semelhante, o gráfico sugere um processo firme e estável.

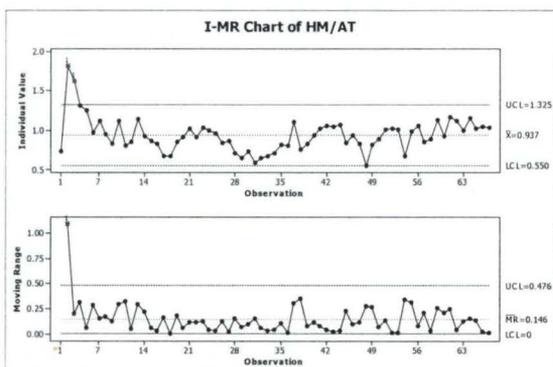
Das 13 atividades avaliadas, apenas duas não apresentaram pontos fora dos limites de controle para alguma das variáveis analisadas. Aplicando a metodologia proposta por Wheeler, estes pontos foram eliminados visando obter os limites naturais do processo (figura 9).



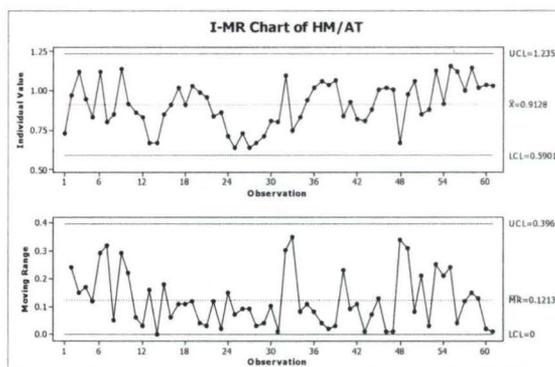
Ripagem (HM/ha) com limites originais



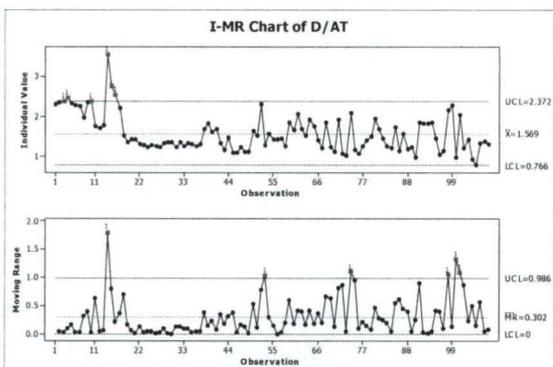
Ripagem (HM/ha) com limites naturais



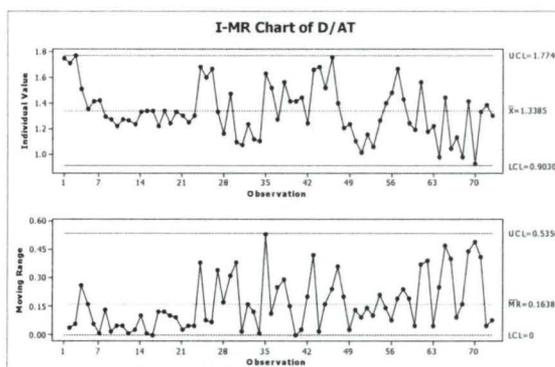
Subsologem (HM/ha) com limites originais



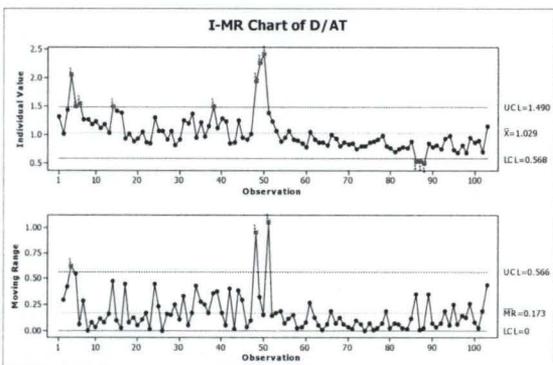
Subsologem (HM/ha) com limites naturais



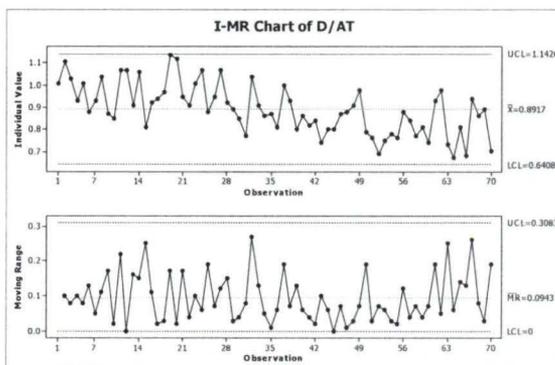
Plantio (D/ha) com limites originais



Plantio (D/ha) com limites naturais

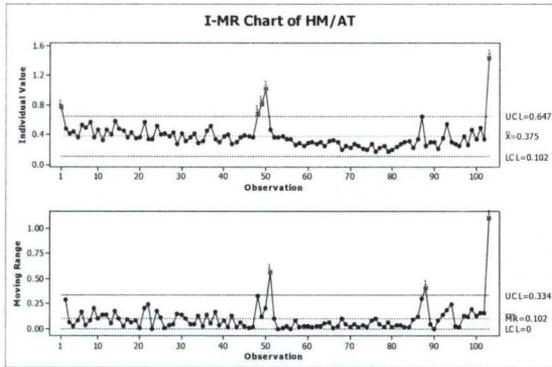


Adubação de base (D/ha) com limites originais

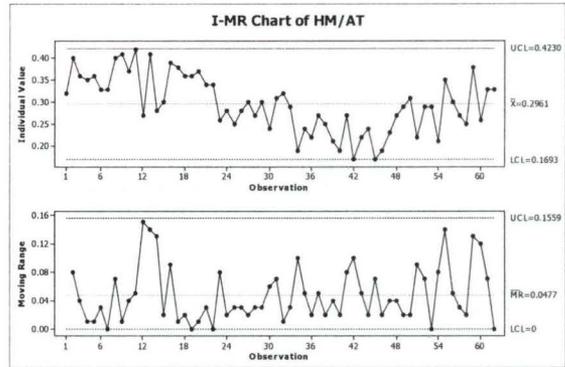


Adubação de base (D/ha) com limites naturais

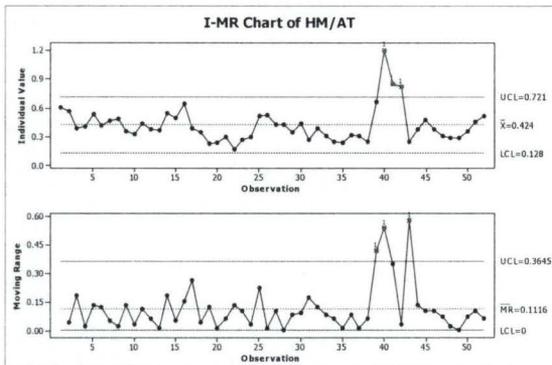
**Figura 9 – Gráficos das atividades com os limites originais os limites naturais, após a eliminação dos pontos fora de controle.**



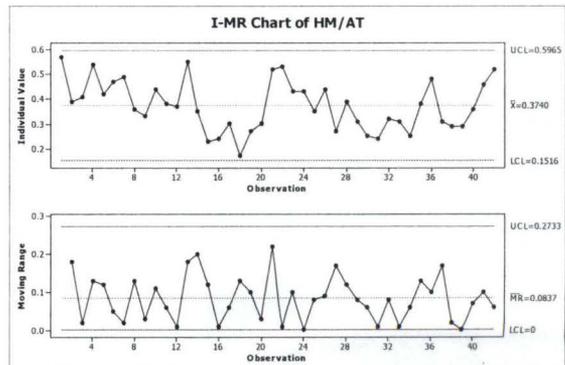
Adubação de base (HM/ha) com limites originais



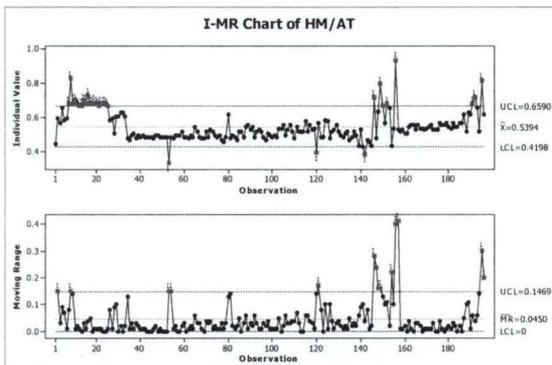
Adubação de base (HM/ha) com limites naturais



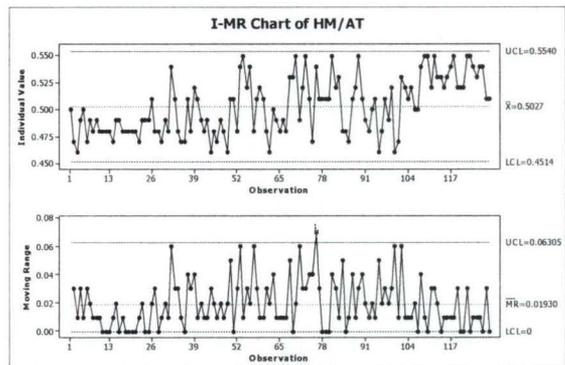
Adubação de cobertura (HM/ha) com os limites originais



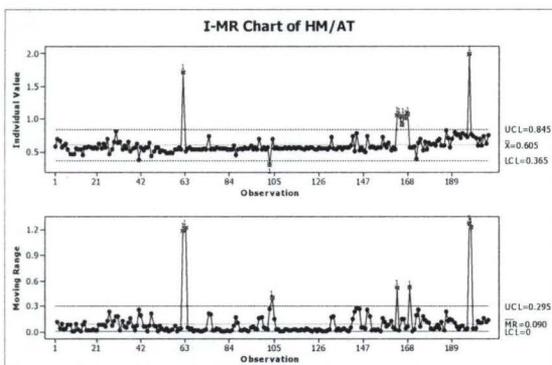
Adubação de cobertura (HM/ha) com os limites naturais



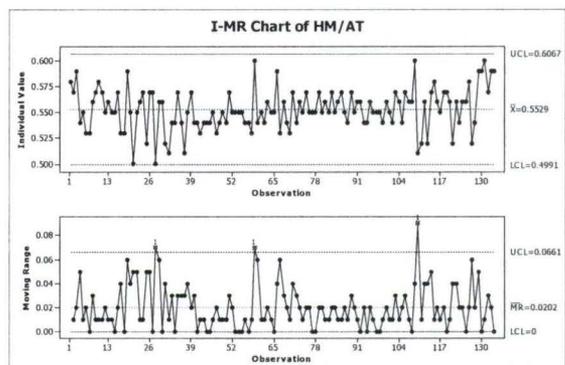
Capina com grade na entre linha (HM/ha) com limites originais



Capina com grade na entre linha (HM/ha) com limites naturais

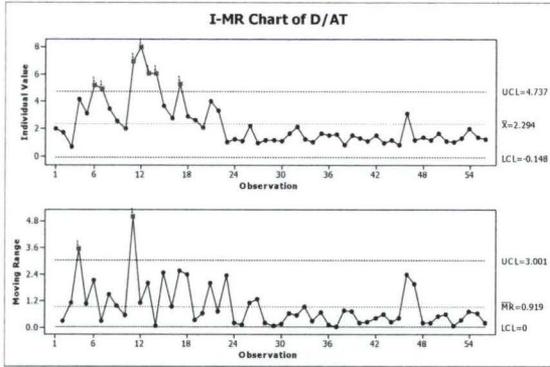


Capina com roçadeira na entre linha (HM/ha) com limites originais

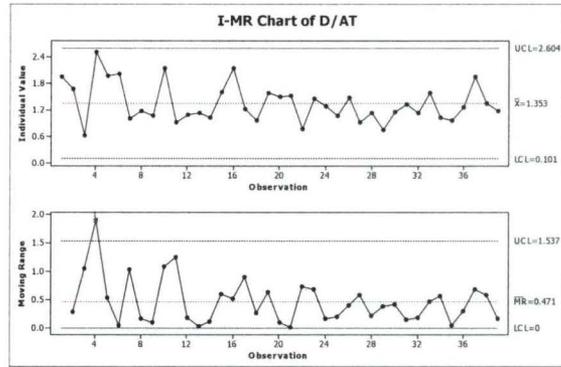


Capina com roçadeira na entre linha (HM/ha) com limites naturais

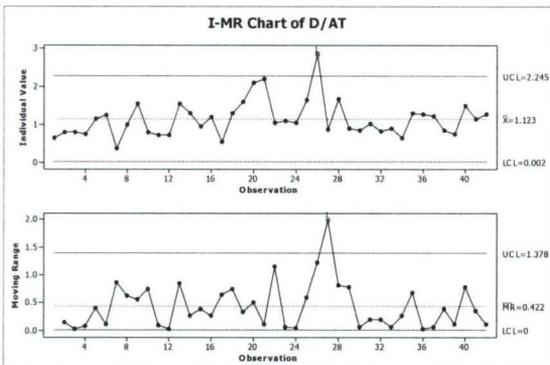
Figura 9 – Gráficos das atividades com os limites originais os limites naturais, após a eliminação dos pontos fora de controle (continuação).



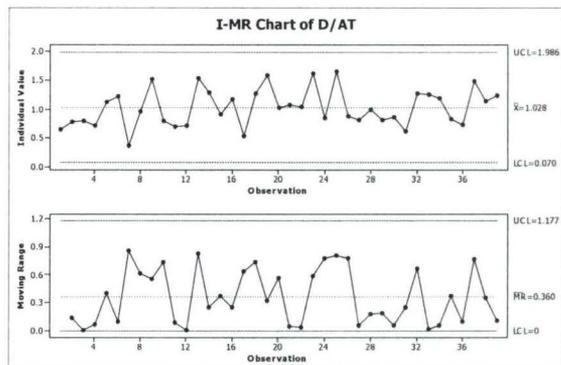
Desrampa manual (D/ha) com limites originais



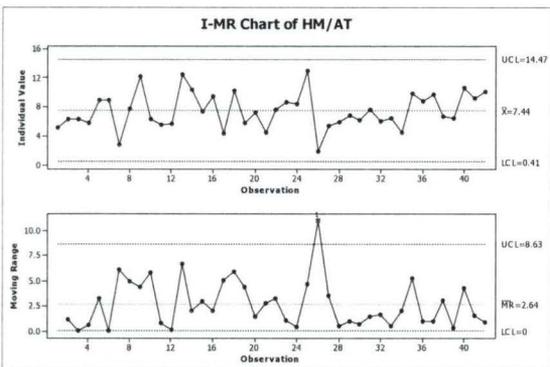
Desrampa manual (D/ha) com limites naturais



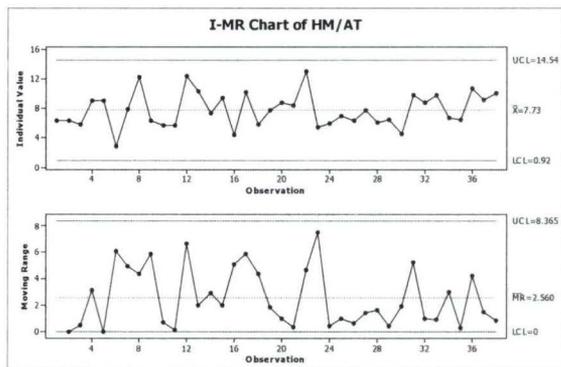
Desrampa semi mecanizada (D/ha) com limites originais



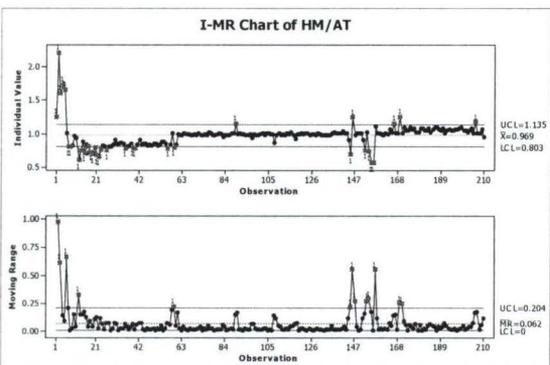
Desrampa semi mecanizada (D/ha) com limites naturais



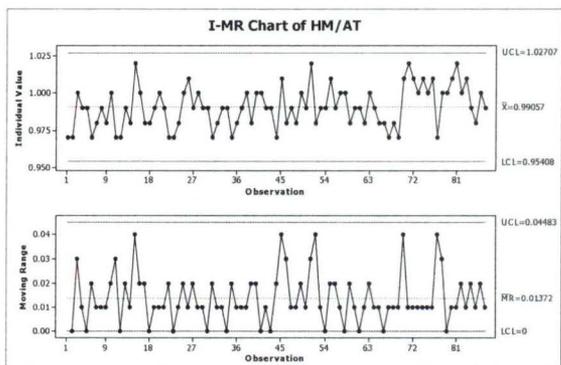
Desrampa semi mecanizada (HM/ha) com limites originais



Desrampa semi mecanizada (HM/ha) com limites naturais

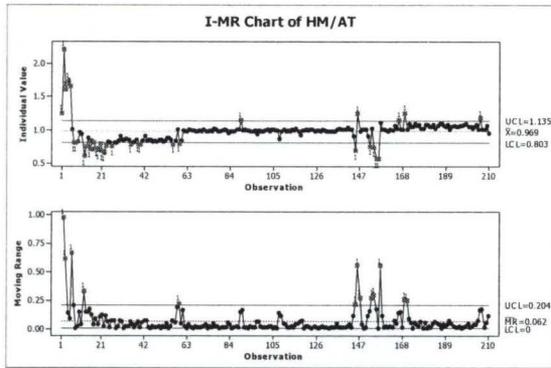


Capina química com barra protegida (HM/ha) com duas fases e limites originais

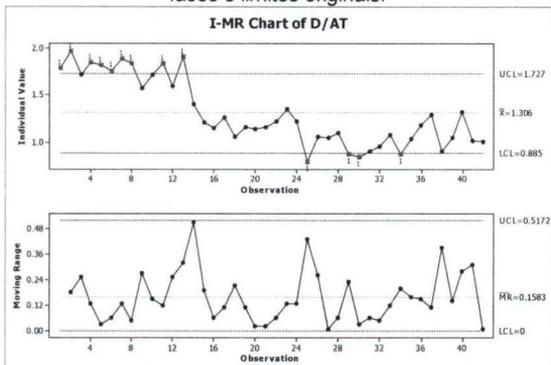


Fase 2 da capina química com barra protegida (HM/ha) com limites naturais

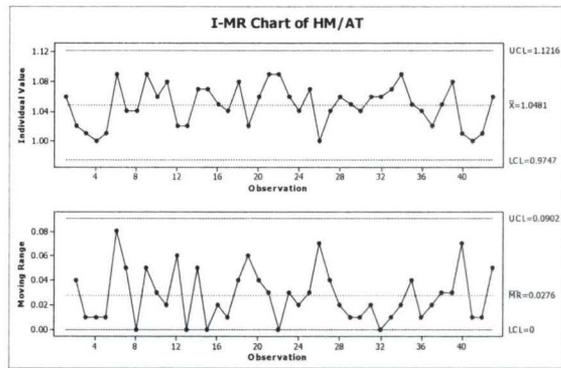
**Figura 9 – Gráficos das atividades com os limites originais os limites naturais, após a eliminação dos pontos fora de controle (continuação).**



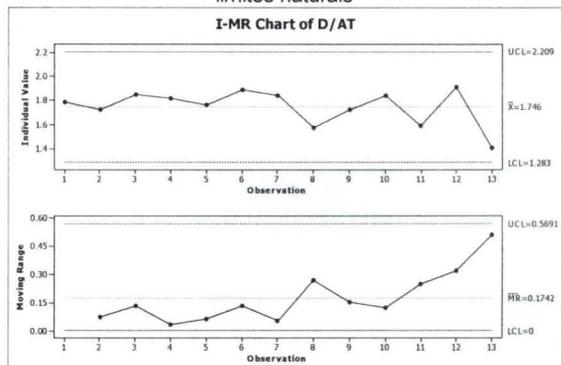
Capina química com barra protegida (HM/ha) com duas fases e limites originais.



Adubação de cobertura (D/ha) com duas fases e limites originais.



Fase 3 da capina química com barra protegida (HM/ha) com limites naturais

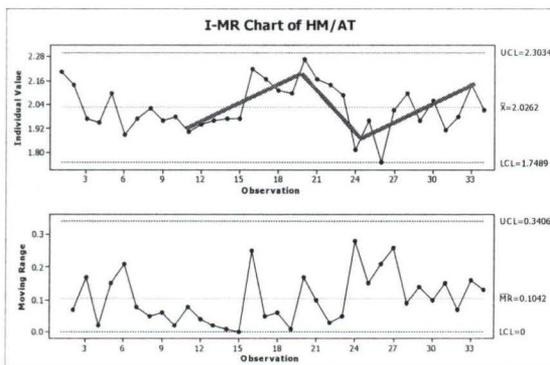


Fase 1 da adubação de cobertura (D/ha) com limites naturais

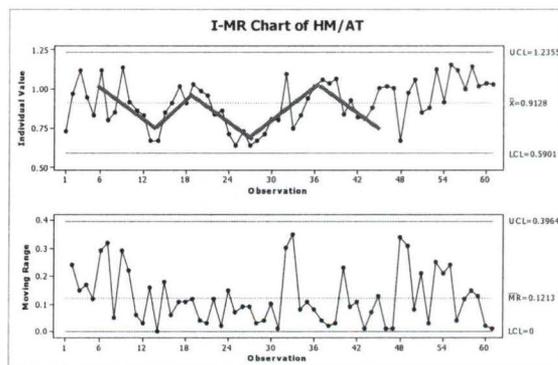
Figura 9 – Gráficos das atividades com os limites originais os limites naturais, após a eliminação dos pontos fora de controle (continuação).

Conforme Wheeler (2001), estes pontos fora dos limites naturais são sinais de que algo excepcional ocorreu no processo produtivo.

Apenas duas atividades apresentaram o padrão de periodicidade nos gráficos de controle (figura 10): ripagem (variável HM/ha) e subsolagem (variável HM/ha).



Ripagem (HM/ha) com limites naturais



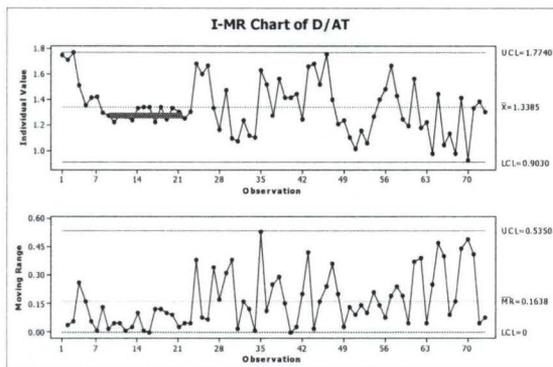
Subsolagem (HM/ha) com limites naturais

Figura 10 – Atividades com padrão de periodicidade no gráfico de controle.

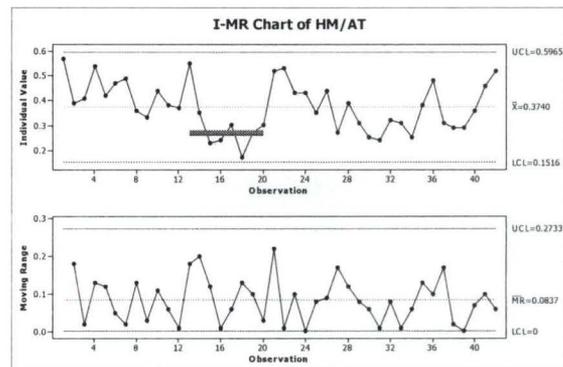
De forma semelhante a uma situação encontrada por Wheeler (2001), o gráfico de controle da subsolagem mostra a ocorrência de sazonalidade no

rendimento da atividade, denominado por Shewhart (1986) de periodicidade. Este é um fenômeno onde os dados apresentam elevações e quedas seqüenciais. No caso florestal, a causa da sazonalidade é diretamente relacionada ao clima. Uma vez que a friabilidade do solo aumenta ou diminui de acordo com a quantidade de precipitação.

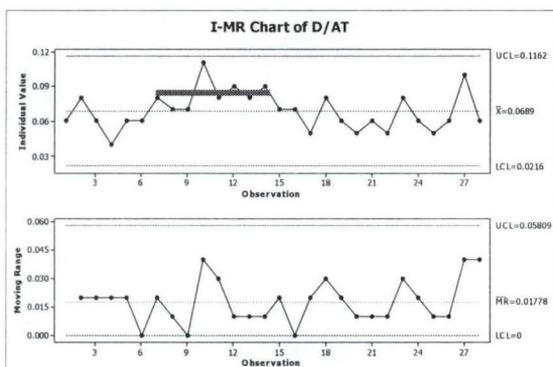
Na figura 11 observam-se as atividades que apresentam o padrão de seqüência nos gráficos de controle.



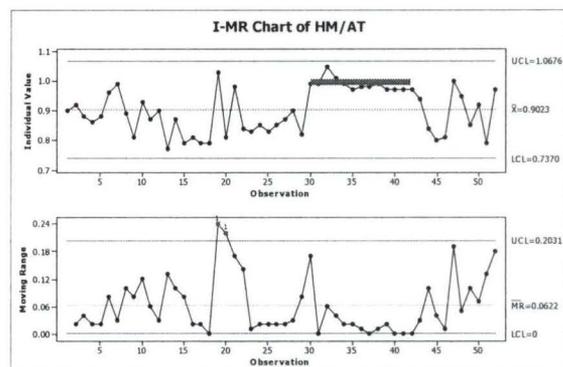
Plantio (D/ha) com limites naturais



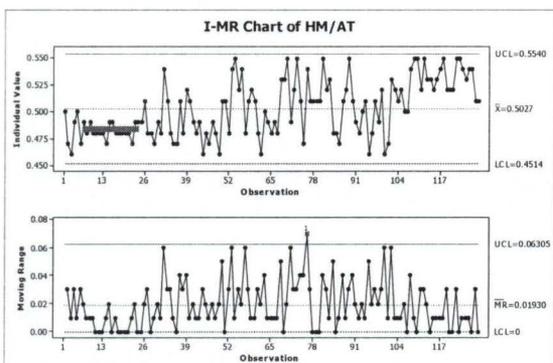
Adubação de cobertura (HM/ha) com os limites naturais



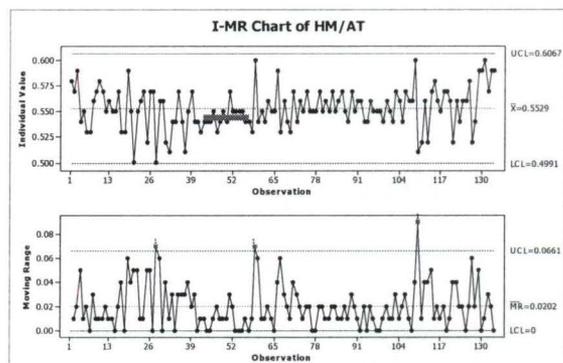
Adubação de cobertura mecanizada (D/ha)



Capina química sem barra protegida (HM/ha) com limites naturais na fase 1



Capina com grade na entre linha (HM/ha) com limites naturais



Capina com roçadeira na entre linha (HM/ha) com limites naturais

**Figura 11 – Atividades com padrão de seqüência no gráfico de controle.**

Comportamentos sazonais nos gráficos de controle foram encontrados por Wheeler (2001), através da existência do padrão de sequência. O reconhecimento destes padrões pode auxiliar o gestor a intervir e tratar os fatores da sazonalidade de modo mais eficiente, conseguindo em alguns casos eliminar completamente a influência deste fator do processo produtivo.

Depois dos pontos fora de controle, a tendência foi o padrão mais encontrado nas atividades analisadas. A figura 12 apresenta os gráficos nos quais a tendência pode ser identificada.

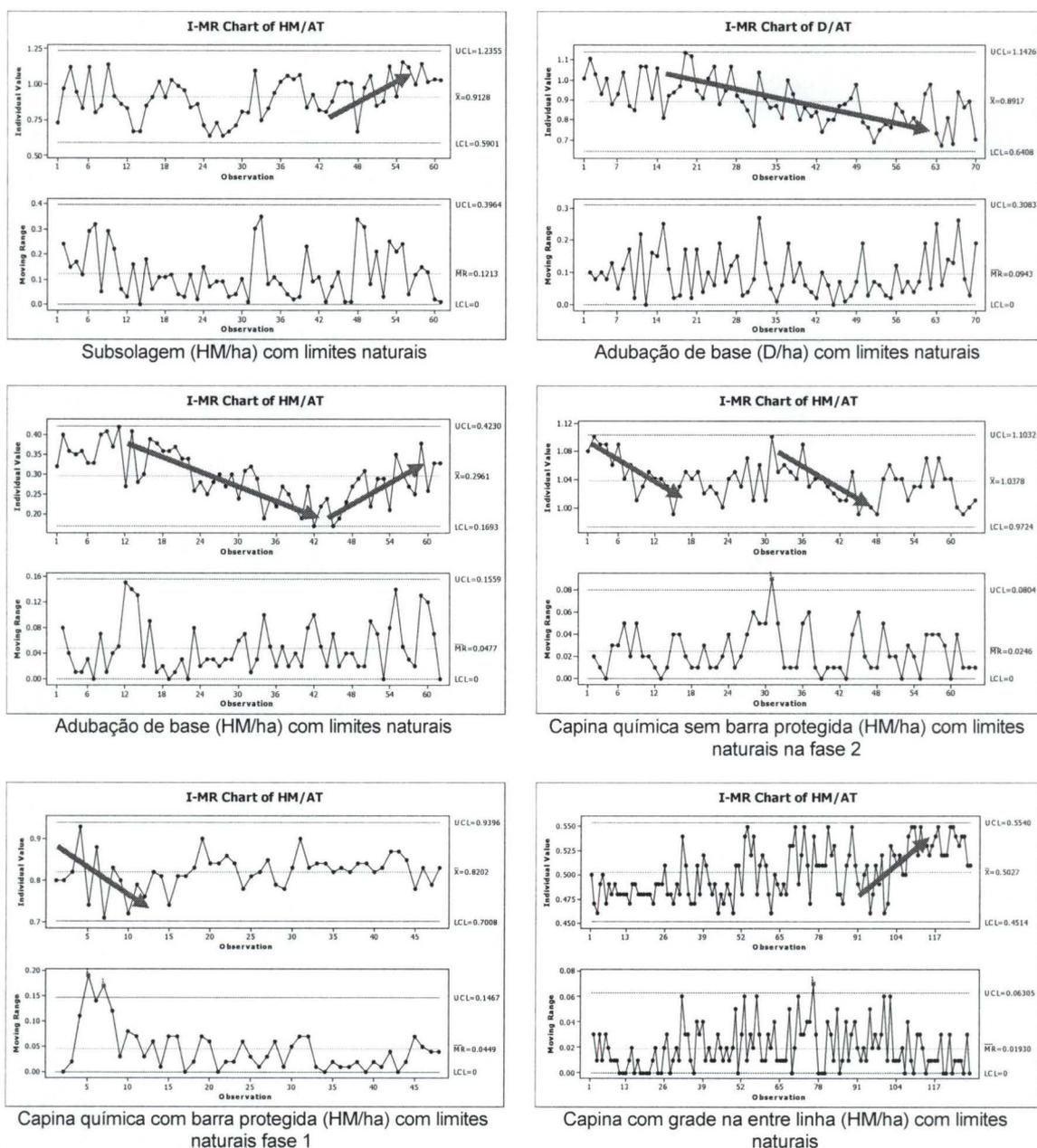
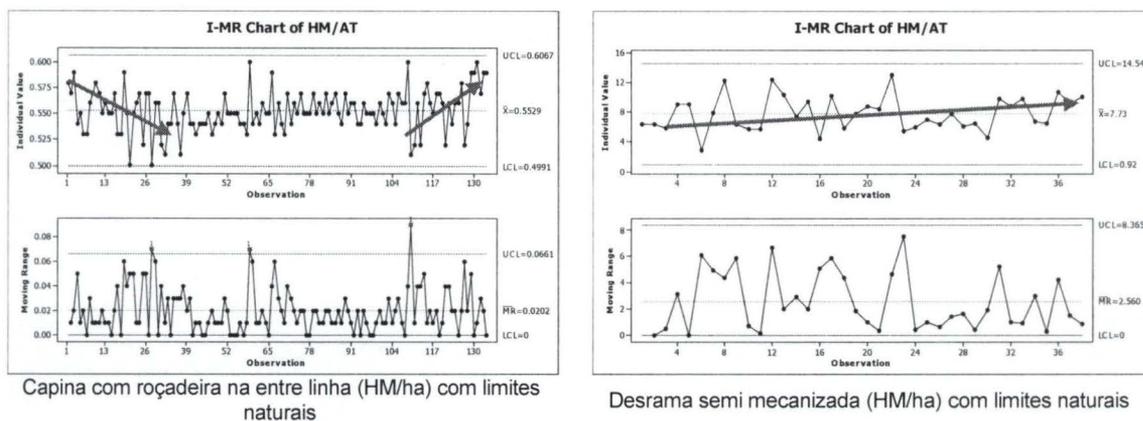


Figura 12 – Atividades com padrão de tendência no gráfico de controle.



**Figura 12 – Atividades com padrão de tendência no gráfico de controle (continuação).**

No gráfico de adubação de base os limites naturais do processo considerando a variável D/ha, apresentaram uma tendência de melhora contínua (Figura 12). Este fenômeno estudado por Shewhart (1986) é característico da crescente concentração em um dos lados da linha central. No caso da atividade de adubação de base, houve uma contínua melhora do rendimento, devido a um aperfeiçoamento da equipe que atua na atividade, assim como observado por Wheeler (2001) em seus estudos.

Já a variável HM/ha, da adubação de base, apresentou uma sequência de melhora, seguido por uma sequência de piora dos valores, em formato semelhante a um vale. Este tipo de formação pode ser causado por uma troca de operadores, substituição ou desgaste de equipamento, ou mesmo por intensificação da supervisão sobre a atividade (WERKEMA, 1995).

É fundamental que o sistema de gestão florestal seja integrado a um sistema de controle de processo, permitindo aos supervisores e engenheiros um monitoramento constante dos indicadores. Esta integração só será plena quando para cada rendimento registrado que esteja fora dos controles naturais, alertas sejam emitidos e os desvios imediatamente investigados.

Uma vez definidos os limites naturais, e possuindo um sistema de apontamento *online*, a investigação dos desvios passa a ser mais ágil, permitindo a compreensão dos fatores que levaram ao desvio e assegurando à equipe de gestores e supervisores atuação de forma objetiva e rápida.

A investigação dos fatores que causaram o desvio deve ser conduzida pela equipe de supervisão e líderes de campo, já que os mesmos conhecem e compreendem a relação das diversas variáveis internas e externas ao processo. A

rapidez na compreensão das causas de desvio, bem como o seu correto registro, permitirá à empresa possuir um rico histórico para auxiliar planejamentos futuros bem como servir como suporte para a tomada de decisão.

Os sistemas de gestão florestal já permitem a integração dos apontamentos das operações com coletores munidos de sinal GPS. Desta forma, o supervisor ou apontador pode realizar o apontamento dos recursos consumidos diretamente no local onde a atividade foi realizada.

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Grande parte das atividades avaliadas possuiu pontos fora da variação natural do processo ou critérios que evidenciam a falta de controle. Desta forma, há um alto potencial investigativo destas causas de desvio que podem auxiliar no gerenciamento das atividades silviculturais.

Quanto melhor a investigação dos pontos fora de controle, maiores chances de se obter ações corretivas que tornarão o processo mais estável e eficiente.

Os limites naturais é que devem ser utilizados para estabelecer as metas das atividades, bem como para monitorar as operações, sejam elas realizadas por equipe própria ou terceira.

É recomendável o monitoramento contínuo dos gráficos de controle, e que todos os rendimentos fora dos limites naturais tenham suas causas investigadas pela equipe de supervisão.

## 6. REFERÊNCIAS

BREYFOGLE, F. W.; CUPELLO, J. M.; MEADOWS, B. **Managing Six Sigma: a practical guide to understanding, assessing, and implementing the strategy that yields bottom line success.** New York: John Wiley & Son. 2001.

GOLDSCHMIDT, R.; PASSOS, E. **Data mining: um guia prático.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. 261 p.

HAIR JR., J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

ISHIKAWA, K. **Guide to quality control.** Asian Productivity Organization. 1972.

LARSON, A. **Demystifying six sigma: a company-wide approach to continuous improvement.** AMACON, 2003.

LIMA, A.A.N. et al. Aplicação do controle estatístico de processo na indústria farmacêutica. **Rev. Ciênc. Farm. Básica Apl.**, v 27, n.3, p.177-187, 2006.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control.** 3rd edition. New York: John Wiley & Sons, 1997.

ORLICKY, J. **Material requirements planning: the new way of life in production and inventory management.** McGraw-Hill, 1975.

SHEWHART, W. **Statistical method: from the viewpoint of quality control.** Washington: Dover, 1986.

VIEIRA, S. **Estatística para a qualidade: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços.** Rio de Janeiro: Elsevier, 1999.

WERKEMA, C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 304 p. :il.

WESTERN ELECTRIC COMPANY. **Statistical Quality Control Handbook**. New York: Mac Printing Company, 1956.

WHEELER, D. J. **Entendendo a variação. A chave para administrar o caos**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2001.