



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-10553-RPQ/250

MÉTODOS DE REDUÇÃO E CORREÇÃO DE DADOS DE RIÔMETROS

Christiano Garnett Marques Brum
Ezequiel Echer
Pedrina Moraes Terra dos Santos

Publicação Interna: sua publicação ao público externo está sujeita à autorização da chefia

SUMÁRIO

1	Ruído cósmico.....	03
2	Sítios de aquisição de dados.....	07
3	Sistema de aquisição de dados.....	08
4	Características dos dados de riômetro e processos de redução utilizados.....	11
4.1	Processo de redução dos dados de riômetro.....	12
4.1.1	Processo de calibração dos dados de riômetro.....	12
4.1.1.1	Processos de digitalização e calibração dos dados analógicos de riômetro.....	13
4.1.1.2	Processo de calibração dos dados digitais de riômetro.....	19
4.1.1.2.1	Método da calibração interativa (MCI).....	20
5	Processo de correção da série temporal.....	27
6	Processo de correção da calibração.....	31
7	Considerações finais do processo de redução de dados.....	42
	Bibliografia.....	44
APÊNDICE A		
	Transformação da série temporal universal em série temporal sideral.....	45
APÊNDICE B		
	Resultados dos processos de calibração e validação dos dados de riômetros.....	47
B.1	Resultados dos processos de redução e validação dos dados do riômetro conectado a antena vertical da EACF.....	48
B.2	Resultados dos processos de redução e validação dos dados do riômetro conectado a antena oeste do sítio EACF.....	56
B.3	Resultados dos processos de redução e validação dos dados de riômetro conectado a antena vertical do sítio de Cachoeira Paulista.....	64
B.4	Resultados dos processos de redução e validação dos dados de riômetro conectado a antena vertical de Gaspar.....	72

1 - MÉTODOS DE REDUÇÃO E CORREÇÃO DE DADOS DE RIÔMETROS

Este trabalho apresenta técnicas desenvolvidas de redução de dados de riômetros, tanto analógicos quanto digitais, e de correções de problemas de calibrações e de descontinuidades nas séries temporais. Também serão descritos o funcionamento destes aparelhos e o objeto de registro dos mesmos (ruído cósmico). Complementado este trabalho, são apresentados resultados de oito anos de análises de dados registrados em Cachoeira Paulista - SP, Gaspar-SC e Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF).

1.1 – Ruído cósmico

Entende-se por ruído cósmico o conjunto de ondas de rádio emitidas pelos corpos celestes, de maneira contínua, com um espectro de frequência que corresponde ao espectro de emissão de um corpo negro. Estas ondas de rádio ao chegarem na ionosfera são absorvidas (numa proporção que é função da densidade de elétrons livres) em determinadas altitudes onde a frequência de colisões entre elétrons e moléculas neutras esteja na mesma ordem de magnitude da frequência da onda do ruído cósmico. Neste contexto, a análise da intensidade de ruído cósmico (de uma dada frequência) na superfície da Terra, pelo menos em princípio, permite estimar a densidade eletrônica na altura da absorção.

A frequência mais utilizada pela comunidade científica para o registro do ruído cósmico é a de 30 MHz. Esta escolha pode ser justificada pelo fato de na faixa entre 20 e 200 MHz a intensidade do ruído cósmico apresentar-se maior quando comparada à contribuição do ruído atmosférico. Para as frequências maiores que 200 MHz, os fatores limitantes consistem do ruído produzido por instrumentos eletro-eletrônicos (como por exemplo, os ruídos produzidos por osciladores de cristal por motores elétricos) e pelo ruído do corpo negro equivalente da Terra (FIGURA 1.1). A faixa de frequência escolhida deve ser

também maior que as frequências críticas das camadas ionosféricas superiores (região F da ionosfera).

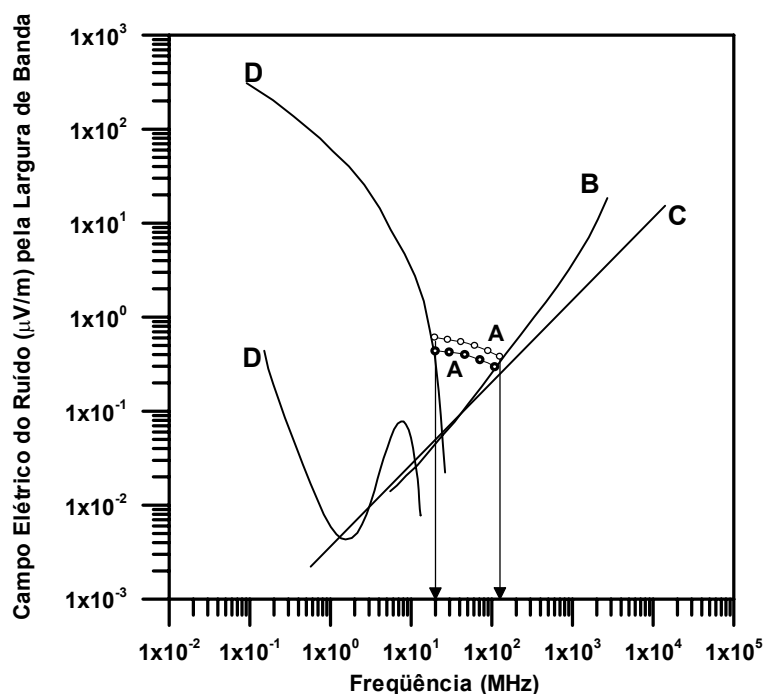


FIGURA 1.1 – Representação do campo elétrico do ruído cósmico em função da frequência. a) valor absoluto do ruído cósmico; b) intensidade do ruído do instrumento; c) intensidade do ruído do corpo-negro equivalente da Terra e d) máximos e mínimos do ruído atmosférico.

FONTE: modificada de Dolukhanov (1971).

Nas faixas entre 20 e 200 MHz, os registros do ruído cósmico tornam-se mais claros, uma vez que a intensidade de seu campo elétrico sofre uma drástica redução com o aumento da frequência (FIGURA 1.2). Desta forma, quanto mais próxima do valor mínimo (20 MHz) estiver a frequência utilizada para o registro, maior será a amplitude do sinal registrado, permitindo assim uma melhor visualização de eventos e variações de absorção ionosférica. Convém salientar que os valores de frequência de colisões que propiciam a absorção

destas ondas de rádio encontram-se em altitudes compreendidas entre 70 km e 90 km.

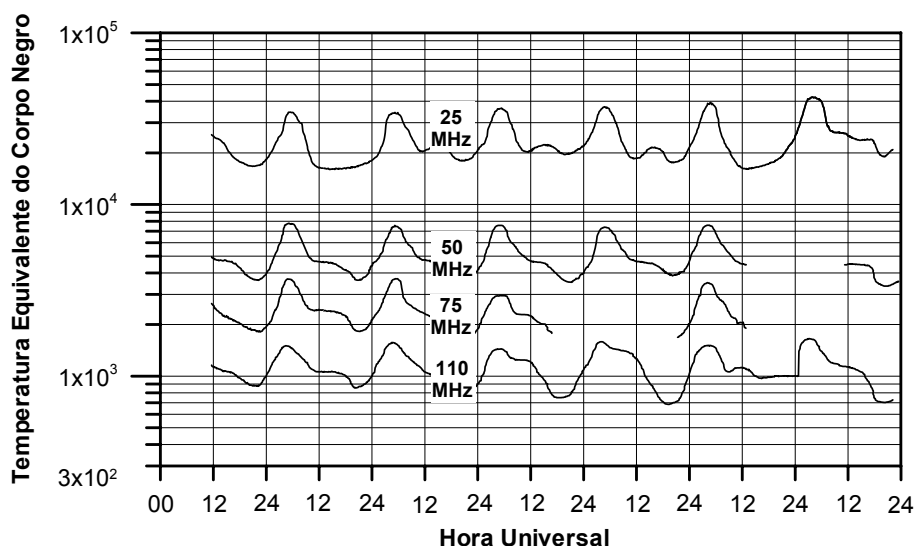


FIGURA 1.2 – Perfis típicos de registros de ruídos cósmicos para diferentes frequências (25, 50, 75 e 110 MHz).

FONTE: modificada de Dolukhanov (1971).

A FIGURA 1.2 permite observar que a intensidade do ruído cósmico apresenta um padrão diário, o qual pode ser explicado a partir do exemplo a seguir: - Supondo a existência de uma antena fixa ao solo e posicionada em uma determinada direção, a intensidade do registro do ruído cósmico neste caso depende apenas da região espacial à qual está voltada. Suponha que em um determinado horário esta antena esteja apontada para o centro da nossa galáxia (FIGURA 1.3 – posição 1), o registro da intensidade do ruído cósmico, neste caso, será muito maior do que se a antena estiver voltada para a periferia da Via Láctea (FIGURA 1.3 – posição 2). Em suma, a proporcionalidade da intensidade do ruído cósmico registrado está associada ao número de estrelas no interior do ângulo sólido de visada. Portanto a Terra, durante seu movimento de rotação, permite que a antena execute uma varredura de céu que inclua o plano galáctico, isto é, podendo apresentar um máximo e um mínimo de

densidade de estrelas. Este fato é a causa do ciclo diário das variações de intensidades do fluxo do ruído cósmico.

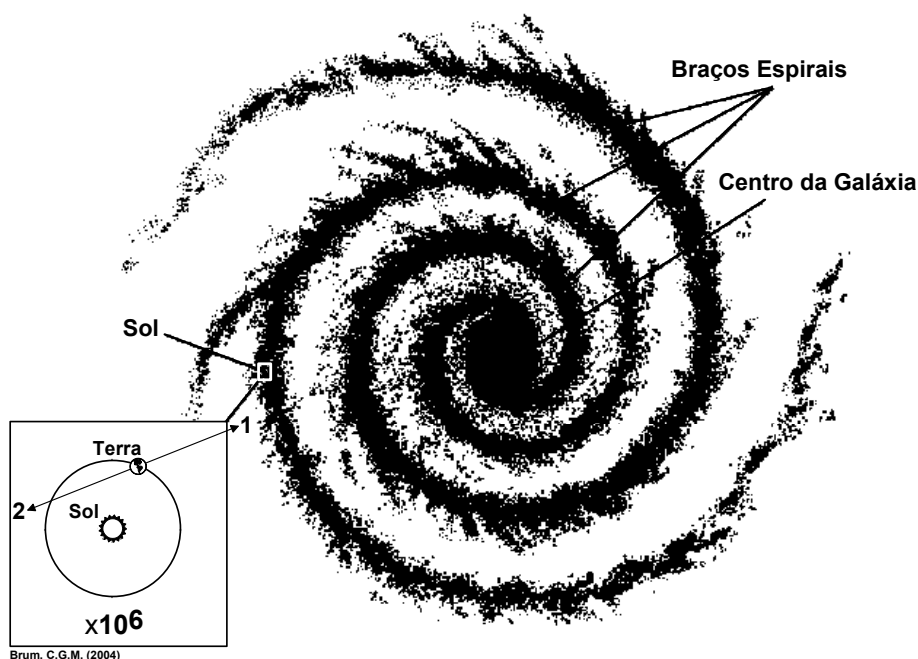


FIGURA 1.3 – Representação artística da Via Láctea.

Esta periodicidade não está associada ao dia solar, mas sim ao dia sideral, que tem como referência um ponto remoto no espaço (esfera celeste) (FIGURA 1.4 C), ficando independente no que tange a posição do planeta Terra em relação ao Sol. Convém ressaltar que o dia sideral é mais curto do que o solar em aproximadamente 4 minutos, o que conduz a uma diferença aproximada de menos 1° na rotação terrestre em relação ao centro do Sol supondo um observador “o” (FIGURA 1.4) fixo na superfície terrestre. A solução matemática para a transformação da série temporal UT para ST é apresentada no Apêndice A.

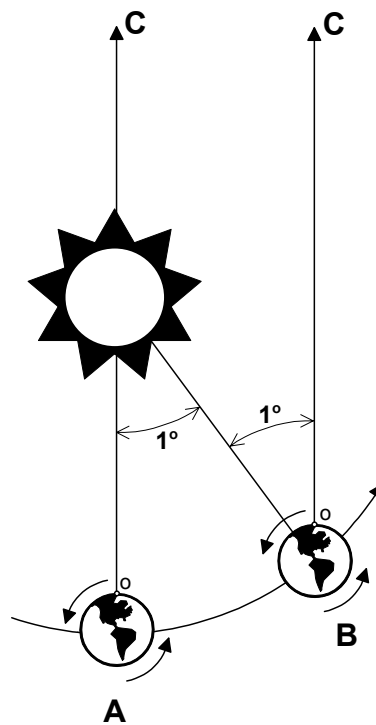


FIGURA 1.4 – Representação artística da diferença entre o dia sideral e solar considerando o movimento de translação da Terra.

2 – SÍTIOS DE AQUISIÇÃO DE DADOS

O trabalho aqui exposto abrange duas regiões distintas, porém com algumas semelhanças físico-químicas. A primeira região trata-se da região sub-auroral, na qual encontra-se a Estação Antártica Comandante Ferraz – EACF ($62,56^{\circ}\text{S}$; $58,39^{\circ}\text{O}$). A segunda região está compreendida na faixa da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS) mais especificamente nos municípios de Cachoeira Paulista/SP ($22,50^{\circ}\text{S}$; $45,00^{\circ}\text{O}$) e Gaspar/SC ($\approx 26,90^{\circ}\text{S}$; $48,89^{\circ}\text{O}$) (FIGURA 2.1). O banco de dados analisado neste trabalho inicia-se em janeiro de 1989, estendendo-se até dezembro de 1996.

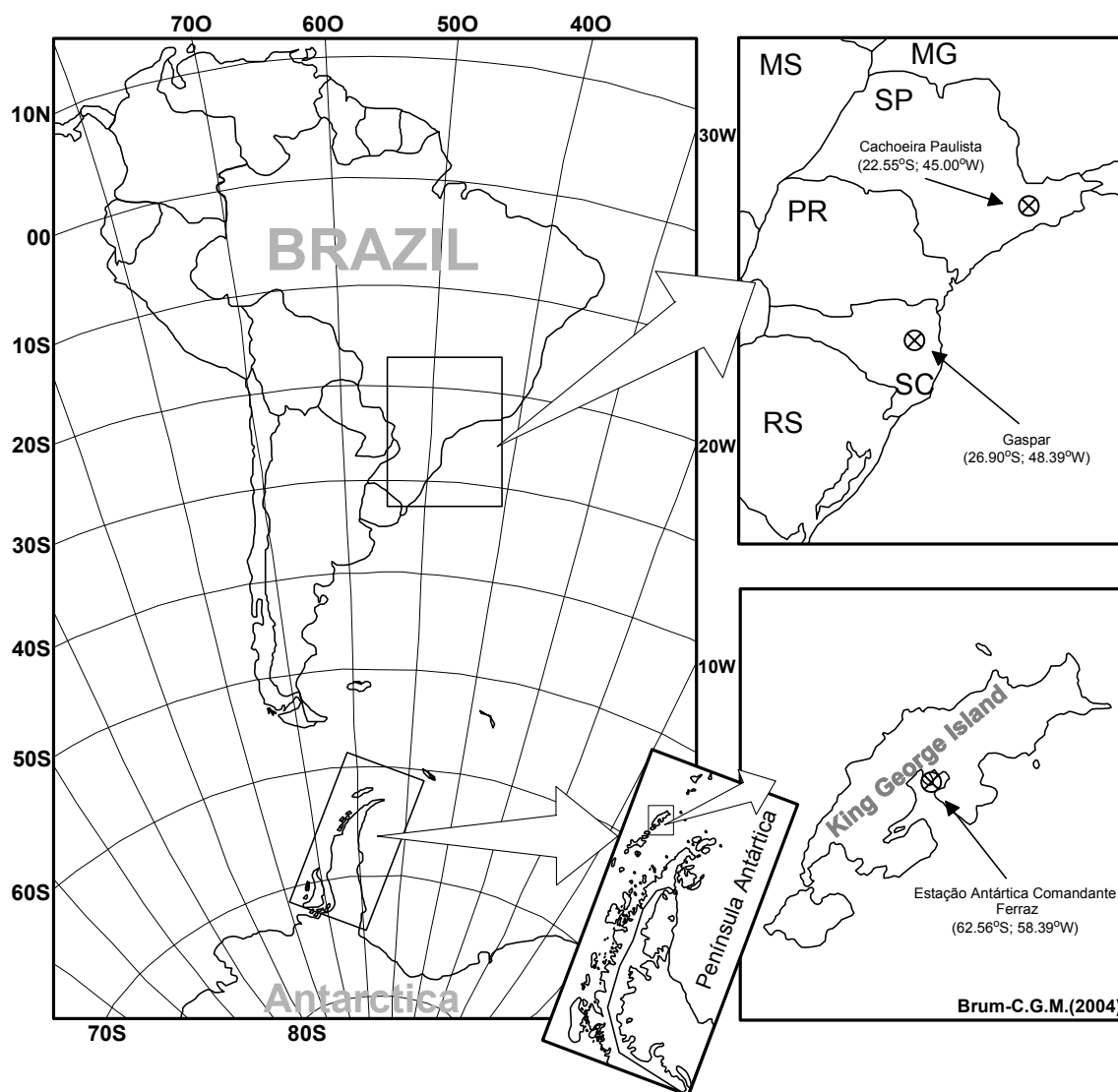


FIGURA 2.1 – Representação artística das localizações dos sítios de coleta de dados de rômetros utilizados neste trabalho.

3 – SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Os dados utilizados neste trabalho foram adquiridos a partir de um instrumento chamado rômetro (do inglês *riometer* - *Relative Ionospheric Opacity Meter*, ou seja, medidor de opacidade-relativa da ionosfera), o qual foi desenvolvido com técnicas de rádio astronomia e vem mostrando-se uma poderosa técnica para o estudo da baixa ionosfera (Rodger e Jarvis, 2000). Em suma, pode-se dizer

que os riômetros utilizados neste trabalho são receptores de ruído cósmico que trabalham na frequência de 30 MHz, conectados a antenas do tipo Yagi-Uda (direcionais de cinco elementos) com um ângulo sólido de 30°. Este equipamento oferece um meio passivo de se obter informações a respeito do estado de ionização da baixa ionosfera através da análise da variação da absorção do ruído cósmico.

Os riômetros foram adquiridos diretamente do fabricante *La Jolla Sciences em Solana Beach*, Califórnia, EUA, tendo sido projetados com dispositivos semicondutores. Estes aparelhos correspondem à terceira geração do gênero (a primeira foi construída com tubos a vácuo e a segunda com transistores), o que na prática significa que os geradores de ruídos (diodos termonômicos) foram substituídos por circuitos transistorizados de maior confiabilidade, com resposta mais rápida e de baixo consumo. A redução do tamanho e do peso apresenta-se como uma vantagem desta geração de riômetros, os quais utilizam uma alimentação interna de 12 V (DC) podendo funcionar com fontes de alimentação variáveis (DC e AC) o que permite seu uso em lugares remotos.

O diagrama de blocos da FIGURA 3.1 mostra o funcionamento dos riômetros utilizados neste trabalho. A chave eletrônica RF é controlada por um oscilador em um regime de áudio, de maneira que o receptor seja capaz de fornecer duas fontes diferentes de ruído. Uma das duas portas de entrada está conectada ou à antena, que registra o ruído cósmico, ou a uma fonte de ruído de referência de calibração. A outra porta de entrada é conectada a um gerador de ruído, controlado por servomecanismo, cujo nível está ajustado automaticamente para ser igual ao ruído do outro lado da chave RF.

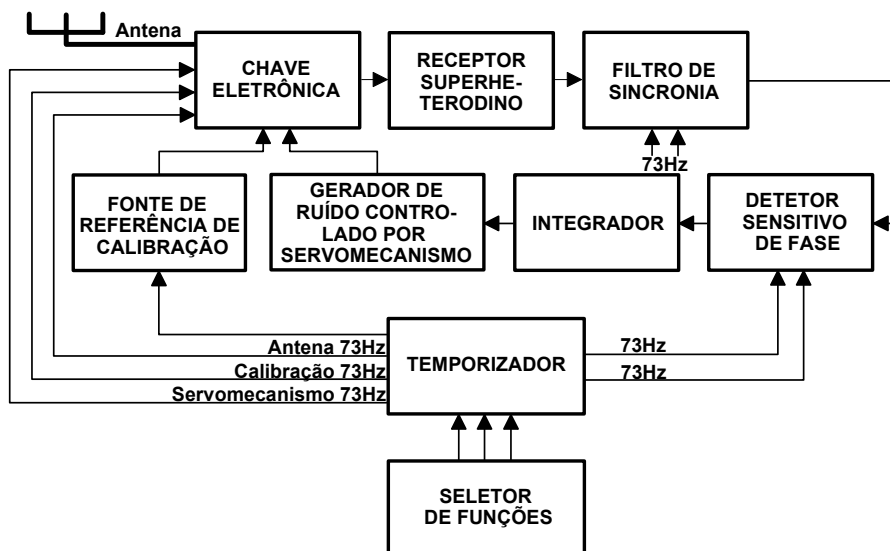


FIGURA 3.1 – Diagrama de blocos do funcionamento do riômetro.

A saída da chave RF é aplicada a um receptor superheterodino que, por sua vez, alimenta um detetor de amplitudes (ainda dentro deste receptor). Considerando-se o nível de ruído das duas portas de entrada diferentes, a saída do detetor conterá uma componente com a frequência da chave de 73 Hz. Esta situação é conhecida como “sinal de erro” ao qual é aplicado um filtro de sincronia para retirada dos componentes indesejáveis de ruído que poderiam sobrecarregar os estágios posteriores. Este sinal de erro pode ser positivo ou negativo, dependendo de qual das duas portas for maior.

A saída do detetor de fase é aplicada a um integrador onde será determinada a constante de tempo fundamental para o servo processo de realimentação. O integrador fornece uma amplitude DC a ser aplicada ao mecanismo que controla a fonte do servo-ruído. A saída do servo ruído oscila até que os sinais das duas portas sejam idênticos.

O temporizador é controlado por um oscilador de cristal de boa precisão que visa melhorar a funcionalidade do aparelho para longos períodos de operação. Mediante um divisor de frequência, o temporizador fornece 73 Hz do sinal da chave, sendo aplicado à chave RF como detetor de fase, com uma defasagem

apropriada. A frequência do temporizador é dividida consecutivamente até ser obtido um sinal horário para o controle da calibração. Assim sendo, utiliza-se um circuito lógico para conseguir o pulso ($\cong 1$ min/h), o qual é utilizado para desconectar o sinal da antena (ruído cósmico) e substituí-lo por uma fonte de ruído conhecido (pontos de calibração). O circuito lógico também é utilizado para controlar o nível da fonte de ruído de calibração, de maneira a formar uma seqüência de quatro níveis de calibração, os quais serão utilizados para cada pulso horário. O produto final do sistema de aquisição é registrado na forma digital e analógica.

4 – CARACTERÍSTICAS DOS DADOS DE RIÔMETRO E PROCESSOS DE REDUÇÃO UTILIZADOS

Os dados de riômetro utilizados neste trabalho foram registrados de duas formas distintas, uma analógica e outra digital.

Os dados analógicos foram registrados em fita de papel gráfico utilizando um registrador potenciométrico de três canais na EACF e Cachoeira Paulista e um registrador de um canal em Gaspar. Os dados digitais, por sua vez, foram gravados em arquivos de três ou quatro horas de dados com uma resolução temporal variando de 3 a 15 segundos (registros digitais restringiram-se a EACF, tendo início no ano de 1993, porém apresentando alguns problemas de formatação). Para ambos os registros, digital e analógico, a base temporal utilizada foi a hora universal (UT).

Muito esforço foi necessário para extrair boas informações destes registros, tendo em vista a identificação de problemas no banco de dados, referentes tanto aos instrumentos de aquisição como a intervenção dos operadores. Deste modo foram desenvolvidos e implementados programas computacionais utilizando soluções matemáticas simples consideradas apropriadas pelo autor na solução dos problemas identificados.

4.1 – Processo de redução dos dados de riômetro

Em condições normais de operação a redução dos dados de riômetro restringe-se apenas à calibração do instrumento. Entretanto, uma vez detectada a presença de problemas associados à aquisição e operação do equipamento, fez-se necessário desenvolver uma metodologia de correção do banco de dados visando a obtenção de um produto final válido e confiável. O primeiro passo empregado nesta fase de “validação” dos dados foi sua calibração, seguida de uma análise das séries temporais identificando os possíveis erros de operação (ex: erro na atribuição horária pelo operador) assim como a variação na atribuição horária pelo sistema de aquisição digital (este último mais observado em registros digitais da EACF). A última etapa seria a correção dos problemas atribuídos à calibração propriamente dita, na qual pôde-se constatar alterações de intensificações e atenuações da amplitude do sinal dos registros dos riômetros sem nenhuma explicação plausível para tal.

4.1.1 – Processo de calibração dos dados de riômetro

O processo de calibração das bases analógica e digital segue os mesmos princípios, excetuando-se as fases anteriores ao registro. Os dados analógicos necessitam ser digitalizados para sua conversão em dados digitais. Esta etapa do processo exigiu um grande esforço de execução, considerando-se o extenso banco de dados utilizado na análise (8 anos para 4 fontes diferentes). A seguir serão apresentados os métodos de digitalização dos dados analógicos e calibração dos dados analógicos e digitais.

4.1.1.1 – Processos de digitalização e calibração dos dados analógicos de riômetro

A digitalização destes dados resume-se em delimitar uma área a ser trabalhada por quatro pontos (p1, p2, p3 e p4 da FIGURA 4.1.a) e percorrer com o cursor do "mouse" digitalizador as curvas compreendidas no quadrilátero formado. Conforme descrito anteriormente, a base temporal utilizada foi a hora universal, dividindo-se assim a abscissa em unidades UT e a ordenada em unidades arbitrárias, variando entre 0 e 100. A variação temporal utilizada na digitalização sofreu limitações em virtude da acuidade da mesa digitalizadora. A melhor resolução obtida foi de 15 pontos registrados por centímetro de carta. Por exemplo, para registros com passo de 3 centímetros/hora obtém-se 45 pontos/hora, ou seja, obtém-se uma resolução temporal de 1,33 minutos na transformação dos registros analógicos em digitais. A FIGURA 4.1.b apresenta os resultados da aplicação do processo aqui descrito sobre os dados da FIGURA 4.1.a. A digitalização dos dados deste trabalho foi realizada com o auxílio de duas mesas digitalizadoras da marca *Digigraf*, modelo *Van Gogh*.

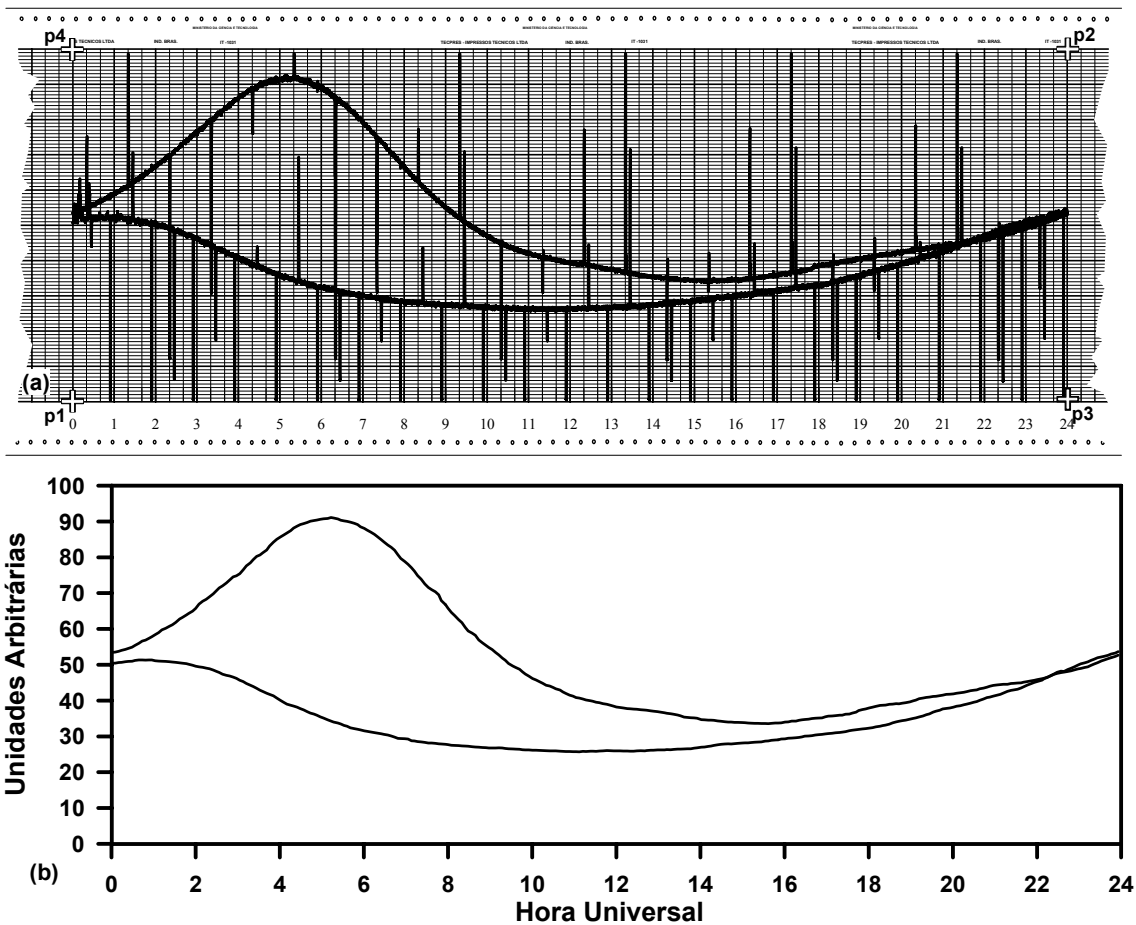


FIGURA 4.1 – (a) Carta gráfica apresentando os registros do riômetro conectado a antena oeste e vertical para o dia 18 de julho de 1996; (b) Dados digitalizados para o mesmo período.

Uma vez digitalizados os dados, torna-se necessário uma conversão de unidades arbitrárias para uma escala conhecida (em unidades de corrente) utilizando-se de sinais de calibração (os quais, neste trabalho, também serão referenciados como pontos de calibração). Os sinais de calibração são basicamente pontos de referência gerados pelos riômetros em uma corrente elétrica equivalente. Numa resolução temporal de aproximadamente 60 min é enviado um pulso de aproximadamente 1 min de duração referente a uma corrente conhecida. Os dados da EACF foram calibrados com pulsos de 1 mA de passo (0 mA, 1mA, 2mA e 3mA) enquanto que os dados de Cachoeira

Paulista e Gaspar foram calibrados com pulsos de 1,5 mA de passo (0 mA, 1.5 mA, 3 mA e 4.5mA).

Tendo em vista erros estatísticos do equipamento, responsáveis por variações no impulso de calibração para um mesmo minuto, trabalhos anteriores utilizaram a média dos pontos de calibração do dia em questão para que as mesmas fossem empregadas na interpolação linear de transformação das unidades arbitrárias para unidades de corrente. Como exemplo, a FIGURA 4.2 apresenta as curvas dos dias 02, 03 e 04 de junho de 1996 referentes aos dados registrados pela antena vertical situada em Cachoeira Paulista. Os segmentos de reta, aqui denominados como m0, m1, m2 e m3, representam as médias diárias adotadas para as seqüências de pontos de calibração (que expressam a mesma amplitude de calibração) dos dias selecionados.

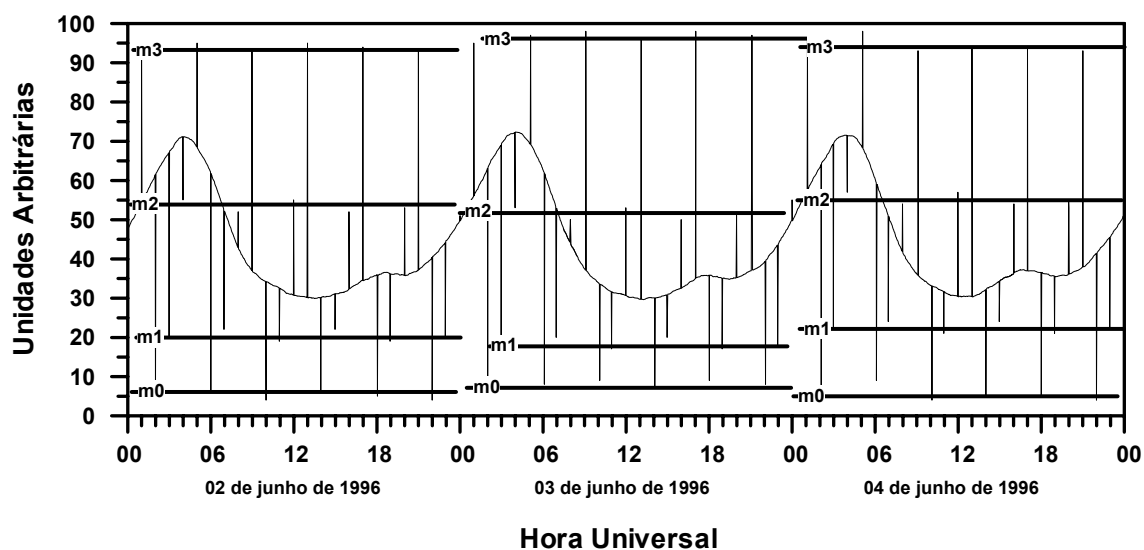


FIGURA 4.2 – Registros dos riômetros do sítio de Cachoeira Paulista com antena voltada ao zênite, seus pontos de calibração e as médias dos mesmos (m0, m1, m2 e m3), para o período entre 02 e 04 de junho de 1996.

Fica evidente que a técnica descrita anteriormente gera um erro considerável na calibração final, principalmente quando considerados os extremos diários, os quais apresentam uma descontinuidade nos dados, isto é, ao transcorrer de 24 horas, por exemplo, o método gera um degrau (FIGURA 4.5). Visando minimizar este problema, adotou-se uma técnica que toma o ponto de calibração máximo mais próximo do valor máximo absoluto dos registros (em unidades arbitrárias) do dia a ser calibrado (pontos *max* da FIGURA 4.3), da mesma forma o valor mínimo é obtido do ponto de calibração mais baixo e mais próximo do valor mínimo do registro (pontos *min* da FIGURA 4.3). Os sinais de calibração intermediários remanescentes são distribuídos no primeiro e segundo terços da diferença temporal (em UT) dos pontos máximo e mínimo selecionados (FIGURA 4.3).

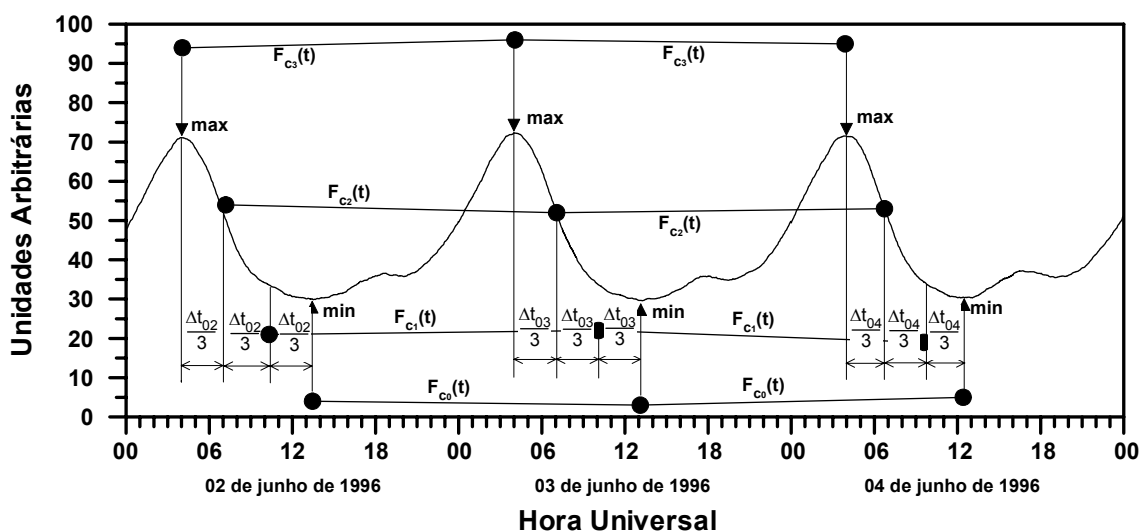


FIGURA 4.3 – Processo de seleção da série temporal onde serão alocados os pontos de calibração para a implementação da interpolação (calibração) dos dados de riômetro.

Convém ressaltar o fato da distribuição temporal destes pontos de calibração (superior e inferior) possuírem um comportamento sazonal associado à série temporal sideral. Sendo assim, através da análise de curvas de dias considerados satisfatórios (sem interferências instrumentais externas), durante

dias geomagneticamente calmos (os critérios que definem um dia geomagneticamente calmo adotados neste trabalho são apresentados no Apêndice B) e no período de baixa atividade solar, determinou-se através da análise dos registros para as diferentes estações e direções das antenas, a que horário (em hora sideral) se encontravam os maiores e menores valores dos registros em unidades arbitrárias. O processo resultou na obtenção de quatro curvas de referência primária (em horário sideral, FIGURA 4.4) a serem empregadas nas análises propostas nesta seção.

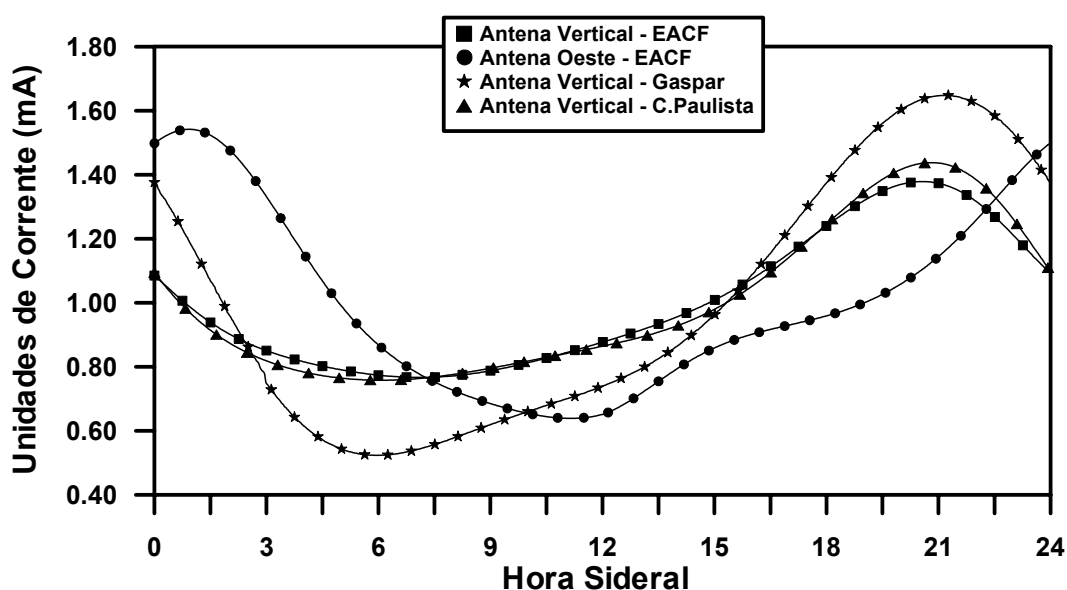


FIGURA 4.4 – Curvas obtidas através da média de dias quietos durante o período de baixa atividade solar para 4 pontos diferentes de observação.

Através destas curvas foi possível determinar a localização temporal primária (em hora sideral) dos pontos máximos e mínimos dos registros de riômetros, valores estes apresentados na TABELA 1.1.

TABELA 4.1 – Localização temporal dos pontos máximos e mínimos dos registros de riômetros.

Direção da Antena – Localização	*Ponto Mínimo (ST)	*Ponto Máximo(ST)
Vertical – EACF	07,104	20,570
Oeste – EACF	11,166	00,929
Vertical – C.Paulista/SP	06,075	20,804
Vertical – Gaspar/Sc	05,900	21,150

* Os minutos são apresentados na forma de fração horária.

Uma vez determinada a localização temporal dos pontos de calibração máximos e mínimos, o novo processo de calibração dos dados pode ser empregado. Assim sendo, a calibração (interpolação) foi executada a partir dos valores de calibração obtidos através das equações da reta (FIGURA 4.3 - $F_{cx}(t)$ onde x representa a série dos pontos de calibração que exprimem o mesmo valor, podendo ser 0, 1, 2 e 3) resultantes dos pontos de calibração da mesma série de um dia anterior e posterior ao dia a ser calibrado. Este processo resulta na diminuição do erro de conversão dos registros inicialmente obtidos em unidades arbitrárias para unidades de corrente. A FIGURA 4.5 mostra os mesmos dados apresentados na FIGURA 1.9 calibrados utilizando os dois métodos descritos. Nesta mesma figura é apresentada a curva da diferença logarítmica dos dois processos de calibração, onde a parte hachurada exprime a integral da diferença dos processos de calibração empregados. O procedimento de utilização do método de interpolação de pontos adjacentes mostrou-se eficaz na tentativa de minimizar os erros de calibração empregados, principalmente nos extremos dos dias onde os “degraus” são complementemente eliminados (pontos P1 e P2 da FIGURA 4.5).

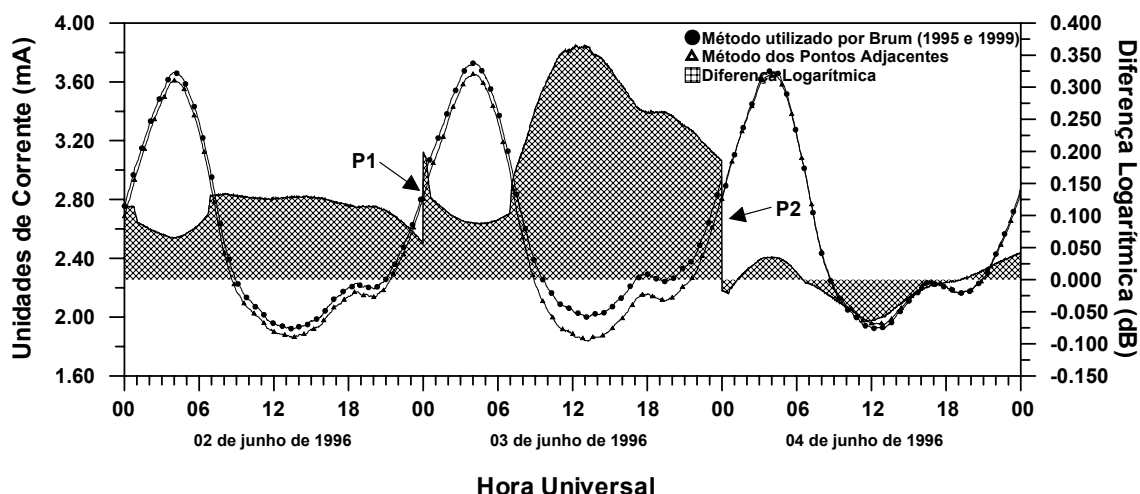


FIGURA 4.5 – Diferença logarítmica entre os métodos de calibração empregados.

A FIGURA 4.5 permite-nos observar que a média da diferença logarítmica é da ordem de 0,15 dB alcançando valores superiores a 0,35 dB. Os valores podem parecer irrelevantes, entretanto, na integração diária da absorção ionosférica para uma análise sazonal, por exemplo, a integral diária desta diferença, ultrapassa a 3,0 dB/dia (para o dia 03 de junho), ou seja, uma atribuição de erro de 3 ordens de grandeza no período de 24 horas.

4.1.1.2 – Processo de calibração dos dados digitais de riômetro

A redução dos dados digitais dos riômetros segue basicamente o mesmo procedimento de redução dos dados analógicos descrito na Seção 4.1.1, contudo, os dados digitais apresentam problemas relativos à eliminação dos pontos de calibração e marcação horária. Estas marcações são impulsos de amplitude conhecida, porém com intervalos que podem não ser constantes, os quais encontram-se superpostos aos registros digitais. Pode-se considerar esta questão como sendo um fator diferencial no processo de redução das distintas bases de dados.

Para execução deste trabalho foi necessário o desenvolvimento de dois novos programas em substituição ao programa anteriormente desenvolvido, aqui denominado como Método das Médias Visuais (MMV). Os programas foram desenvolvidos pela analista de sistemas Sra. Lúcia de Almeida Terra Limiro, utilizando o compilador MatLab ao invés do Borland C na seleção dos pontos de calibração, principal problema encontrado na redução deste tipo de dados, e nos procedimentos de eliminação de ruídos “não-interessantes” para as análises em questão. Este último método, fruto da interação destes dois novos programas, será aqui denominado de Método da Calibração Interativa (MCI).

4.1.1.2.1 – Método da calibração interativa (MCI)

Anteriormente à utilização do MCI, a calibração dos dados era executada através da média visual dos pontos de calibração, ou seja, o MMV permitia a visualização da curva antes de sua calibração, possibilitando a determinação das médias a partir da acuidade visual do operador (processo semelhante ao utilizado para a calibração dos dados analógicos como representado na FIGURA 1.8). O procedimento era executado utilizando-se de cursores móveis os quais se deslocavam verticalmente sobre a curva a ser calibrada (FIGURA 4.6), onde, visualmente, se achava a média das quatro séries de marcações de calibração (pontos m_0 , m_1 , m_2 e m_3 da FIGURA 4.6). Este procedimento era considerado satisfatório para a determinação da curva diária de absorção do ruído cósmico tendo em vista o interesse em questão ser a integração diária da absorção do mesmo em relação ao dia pré-determinado, não podendo ser utilizado para análise de eventos localizados e transientes (alguns dos objetos de estudo deste trabalho). Uma vez determinadas as médias dos pontos de calibração, uma interpolação linear é executada e a curva calibrada é determinada, restando algumas interferências e resíduos da calibração do dia (evidenciados pelos pontos R 's da FIGURA 4.7).

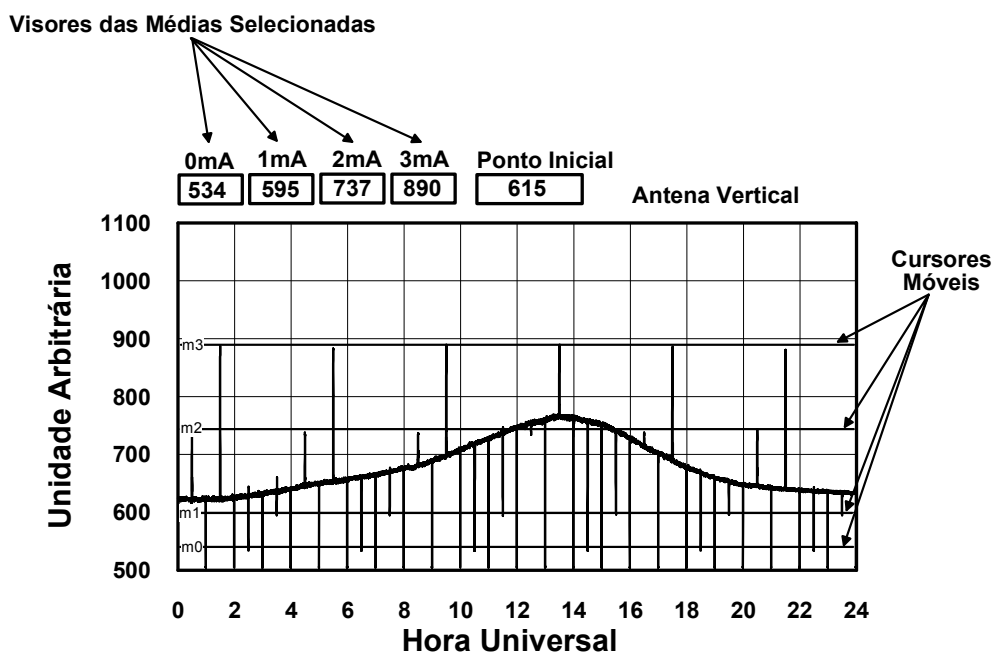


FIGURA 4.6 – Representação da tela onde ocorre o processo de seleção das médias dos pontos de calibração.

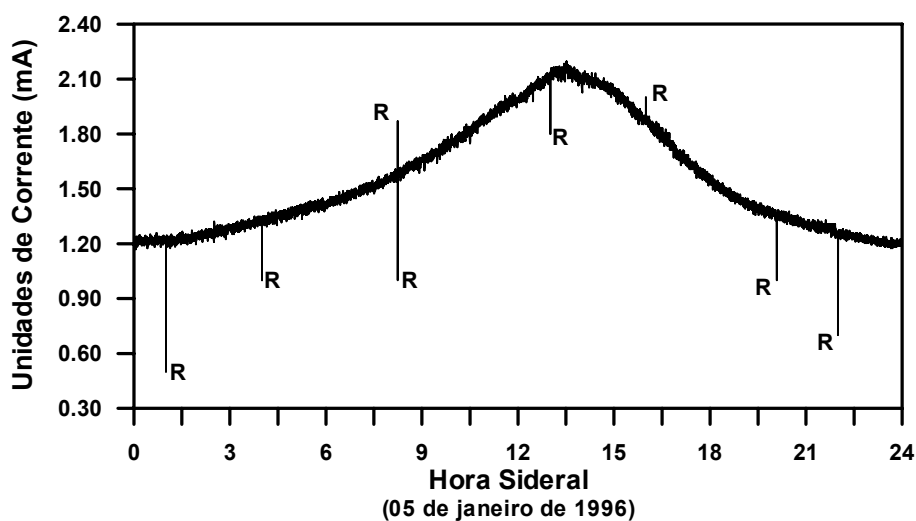


FIGURA 4.7 – Resultados do processo MMV evidenciando os resíduos (R) que não foram eliminados.

O método MCI pode ser considerado mais eficiente quando comparado ao método MMV no que tange a determinação dos pontos de calibração e

eliminação de ruídos indesejáveis na série de dados, os quais mantêm-se quando utilizado o antigo processo de calibração (FIGURA 4.7).

Utilizando-se o MCI é possível a identificação e eliminação dos pontos de marcação horária existentes nos dados digitais (pontos Ph da FIGURA 4.8), restando, deste modo, apenas as marcações de calibração do sinal e algumas interferências (FIGURA 4.9). A eliminação destes pontos dá-se a partir da escolha da primeira marcação horária do dia e posteriormente há a identificação automática das marcações subseqüentes para um mesmo dia. Sabendo-se que cada impulso de marcação horária tem a duração aproximada de 60 s, sua eliminação dar-se-á pela seleção de pontos no período de 40 s anteriores e posteriores às marcações previamente selecionadas. O passo seguinte refere-se à substituição dos registros indesejáveis por valores resultantes do processo de interpolação linear dos dois pontos escolhidos sobre a série temporal.

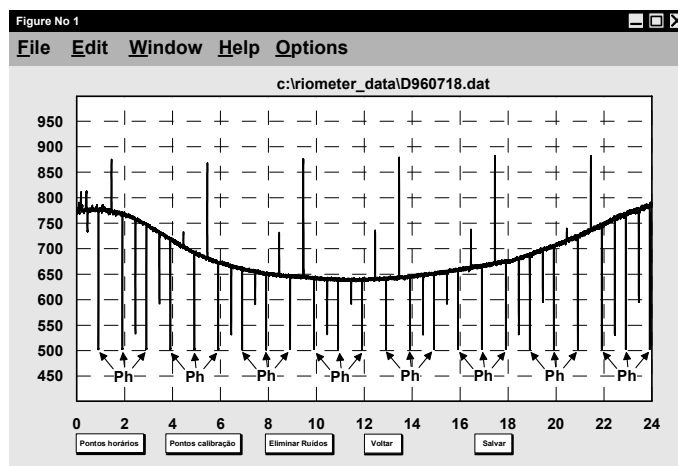


FIGURA 4.8 – Representação da tela referente ao programa de calibração MCI evidenciando os pontos de marcação horária (Ph).

Para a seleção e armazenamento dos pontos de calibração (pontos P0, P1, P2 e P3 da FIGURA 4.9) utiliza-se um processo semelhante ao empregado na seleção e eliminação das marcações horárias. A partir da escolha do primeiro

ponto de calibração são feitas as marcações subseqüentes, as quais são selecionadas e armazenadas automaticamente. Entretanto, uma considerável quantidade de resíduos das marcações de calibração e ruídos (pontos Rc e Ri FIGURA 4.10, respectivamente) ainda permanecem nos dados. Os resíduos resultantes das marcações de calibração ocorrem devido ao fato dos impulsos de corrente não apresentarem um passo consistente ao longo do tempo, o que conduz a um pequeno deslocamento temporal, que pode ser atribuído a falhas no equipamento. Os impulsos podem ser positivos ou negativos, oscilando em torno do passo de 1 hora. Os resíduos denominados ruídos ainda permanecem em virtude de sua aleatoriedade, o que impossibilita sua previsibilidade.

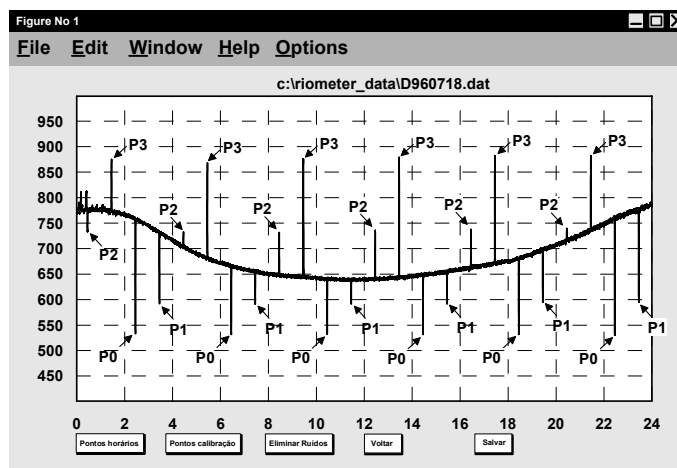


FIGURA 4.9 – Representação da tela de execução do programa de calibração MCI, estando evidenciados os pontos de marcação de calibração (P0, P1, P2 e P3).

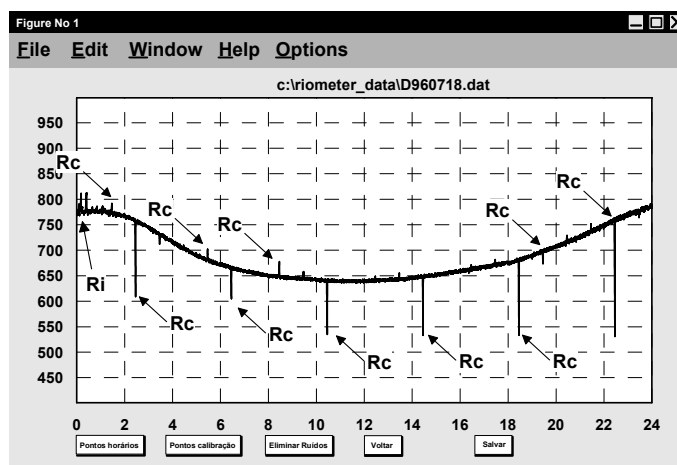


FIGURA 4.10 – Representação da tela de execução do programa de calibração MCI, mostrando os resíduos da primeira fase de calibração pelo MCI (Rc e Ri).

Os resíduos de calibração e de ruídos remanescentes descritos anteriormente são eliminados individualmente antes da calibração final. Para tal, utilizou-se o artifício da interpolação entre os pontos anteriores e posteriores ao espaço a ser eliminado. A FIGURA 4.11 apresenta o produto final da filtragem (“limpeza”) de resíduos de um dia de dados.

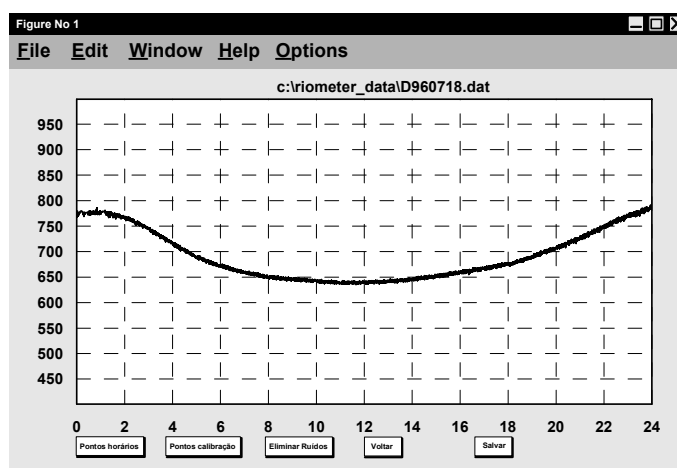


FIGURA 4.11 – Representação da tela de resultados da execução do programa de calibração MCI, mostrando o processo de filtragem dos resíduos.

Uma vez eliminadas todas as interferências e resíduos, a calibração pode ser executada utilizando-se as marcações de calibração previamente selecionadas nos processos anteriores. Para esta interação também são utilizados pontos de calibração armazenados referentes ao dia anterior e posterior, de forma similar àqueles utilizados para a calibração dos dados de origem analógica. Neste contexto, pode-se considerar que este método é mais preciso que o utilizado para a calibração dos dados analógicos, uma vez que faz uso de todas as marcações de calibração registradas no dia, isto é, oito marcações por série de pontos de calibração, adicionadas as quatro últimas calibrações do dia anterior e as quatro primeiras do dia posterior (uma para cada série). A FIGURA 4.12 mostra a curva final obtida por este método, e os respectivos pontos de calibração utilizados. A interpolação dá-se pelo valor atribuído ao ponto de calibração pela equação que representa a reta que une duas marcações de calibração mais próximas da mesma série em função da sua posição temporal ($F_{cx}(t)$). A FIGURA 4.13 mostra a curva final obtida por este método.

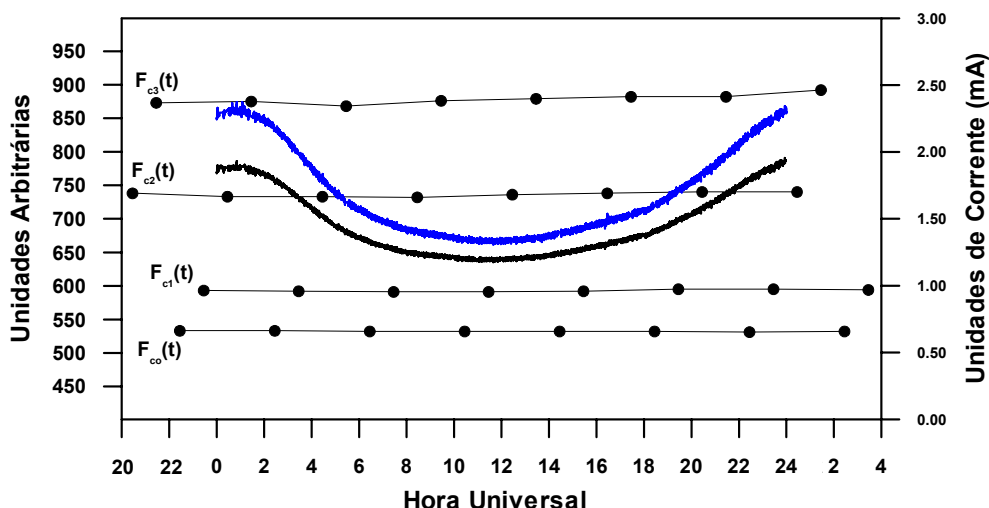


FIGURA 4.12 – Resultados do processo de calibração dos dados do rímetro conectado à antena vertical pelo método MCI para o dia 18 de setembro de 1996. A curva em preto representa a série de dados original e a curva em azul o resultado da calibração.

Após todo o processo descrito de calibração de dados digitais, estes ainda são submetidos a uma “filtragem” do ruído remanescente do sinal. Este processo a ser aplicado consiste na seleção dos menores valores de curtos espaços de tempo, ignorando os demais. As lacunas originadas por este procedimento foram preenchidas por valores obtidos por interpolação linear dos menores valores adjacentes. A FIGURA 4.13 apresenta os registros referentes ao processo descrito anteriormente para o dia 03 de abril de 1996.

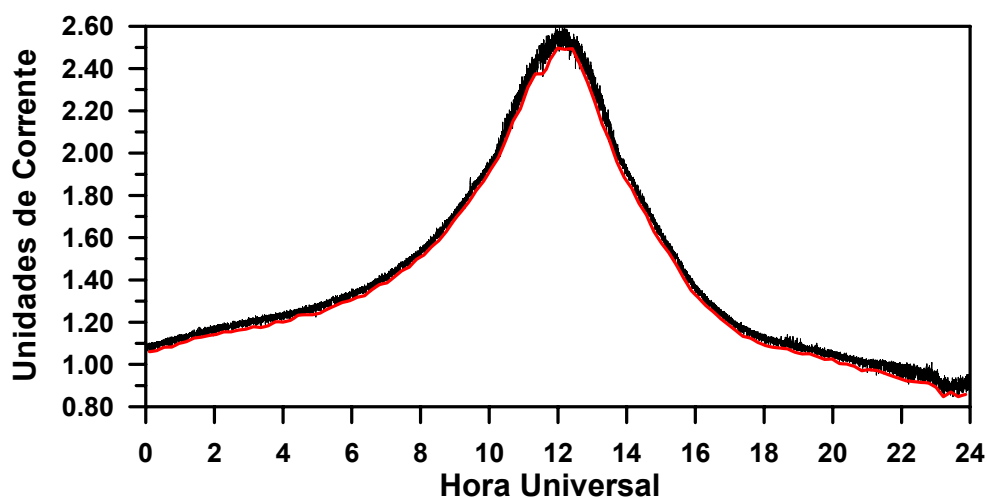


FIGURA 4.13 – Curva resultante (em vermelho) do processo de tratamento de eliminação dos ruídos presentes nos registros digitais.

Apesar dos grandes esforços empregados no desenvolvimento de métodos de redução de dados, ainda não se consideram satisfatórios os resultados dos procedimentos utilizados até o momento para a validação final. Desta forma propõe-se que sejam realizadas algumas correções na série temporal, assim como no passo de calibração (explicado a seguir).

5 – PROCESSO DE CORREÇÃO DA SÉRIE TEMPORAL

Conforme descrito anteriormente, durante os processos de redução de dados foi possível detectar problemas na série temporal para alguns períodos de registro, principalmente nos dados de origem analógica. Após análise minuciosa da série temporal juntamente aos registros das rotinas diárias preenchidas pelos operadores, chegou-se à conclusão que tais problemas podem ter sido decorrentes de erros operacionais na transformação de hora local para universal. A FIGURA 5.1 apresenta registros do riômetro conectado a antena vertical do sítio de Cachoeira Paulista para o ano de 1993, onde se evidenciam erros na série temporal.

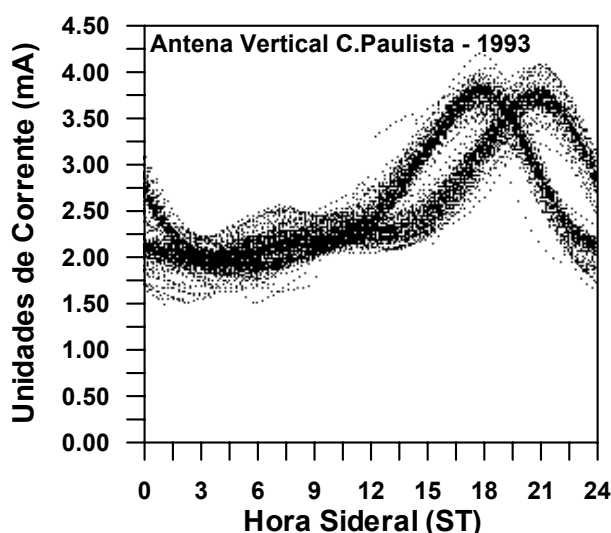


FIGURA 5.1 – Registros do riômetro do sítio de Cachoeira Paulista para o ano de 1993 evidenciando erros na série temporal.

Com o objetivo de solucionar o problema apresentado anteriormente, empregou-se o método estatístico de correlação-cruzada, o qual consiste em empregar um deslocamento temporal (Δt) à curva a ser ajustada (em hora sideral) sobre uma curva pré-determinada (as mesmas obtidas através da média de dias quietos durante o período de baixa atividade solar, apresentadas na FIGURA 4.4). O maior índice correlativo, teoricamente, indica o melhor Δt de

correção. Assim sendo, empregou-se esta técnica utilizando-se como limite inferior e superior ± 6 horas com um passo de 1 minuto na série temporal universal do período analisado. A FIGURA 5.2 tem como exemplo a aplicação deste processo no dia 14 de setembro do ano de 1993. A aplicação dos ajustes temporais na série de dados escolhida, assim como seus respectivos índices correlativos são apresentados na FIGURA 5.2.a. A representação dos ajustes sobre a curva trabalhada é apresentada na FIGURA 5.2.b, onde a curva em vermelho representa a base de comparação e a curva em azul o posicionamento do melhor ajuste temporal calculado.

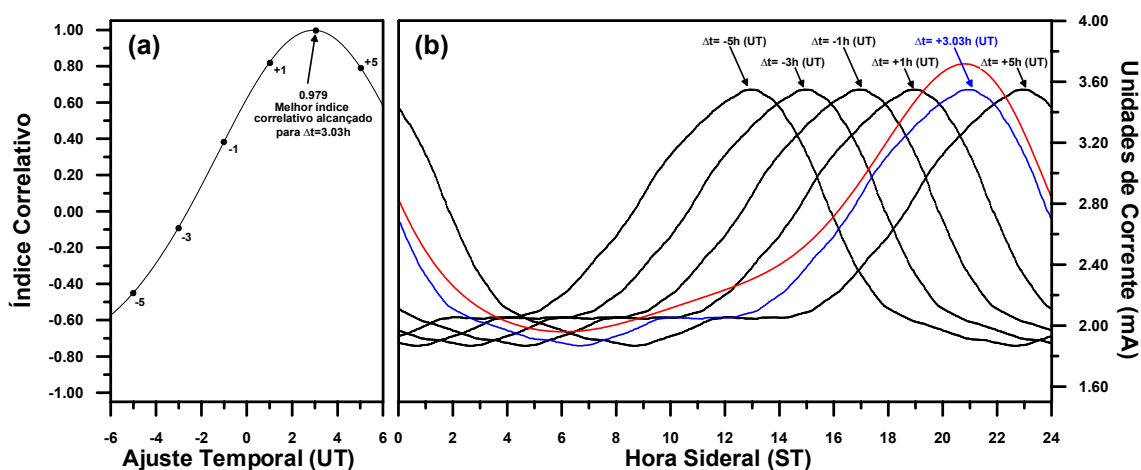


FIGURA 5.2 – Resultados do emprego do método de correlação-cruzada para a obtenção do melhor ajuste temporal. (a) Ajuste temporal associado ao respectivo índice correlativo; (b) representação da variação de fatores de correção temporal sobre o período do dia analisado.

Entretanto, o método apresentou-se confiável apenas para períodos superiores a 12 horas para um espaço contínuo de 24 horas. Desta forma, após o emprego do mesmo, tornou-se necessária uma nova análise dos Δt , para a qual propõe-se adotar alguns critérios para uma posterior obtenção de Δt sobre aqueles já obtidos pelo método descrito anteriormente. Para períodos inferiores a 12 horas, optou-se pela utilização da média linear do Δt dos dias adjacentes a

estes, com períodos de dados superiores a 12 horas. O segundo critério adotado resume-se à análise do comportamento do Δt durante o período de um ano, onde optou-se, em alguns casos, pela linearização dos valores obtidos e em outros pelo ajuste polinomial de alguns períodos. Este último foi utilizado quando o problema na série temporal era proveniente da inserção de descontinuidade gerada pelo temporizador do equipamento ou em períodos de dados onde surgiram maiores perturbações nos registros. Correções visuais finais ainda foram necessárias para Δt muito discrepantes as séries adjacentes. A FIGURA 5.3.a mostra o resultado da correção feita com o ajuste horário obtido pelo método de correlação-cruzada aplicado aos dados de riômetro apresentados na FIGURA 5.1. O painel *b* da mesma figura mostra com o resultado com o Δt corrigido da mesma série, e o painel *c* apresenta os Δt calculados e corrigidos (curva preta e vermelha, respectivamente) e os respectivos melhores coeficientes correlativos (curva azul).

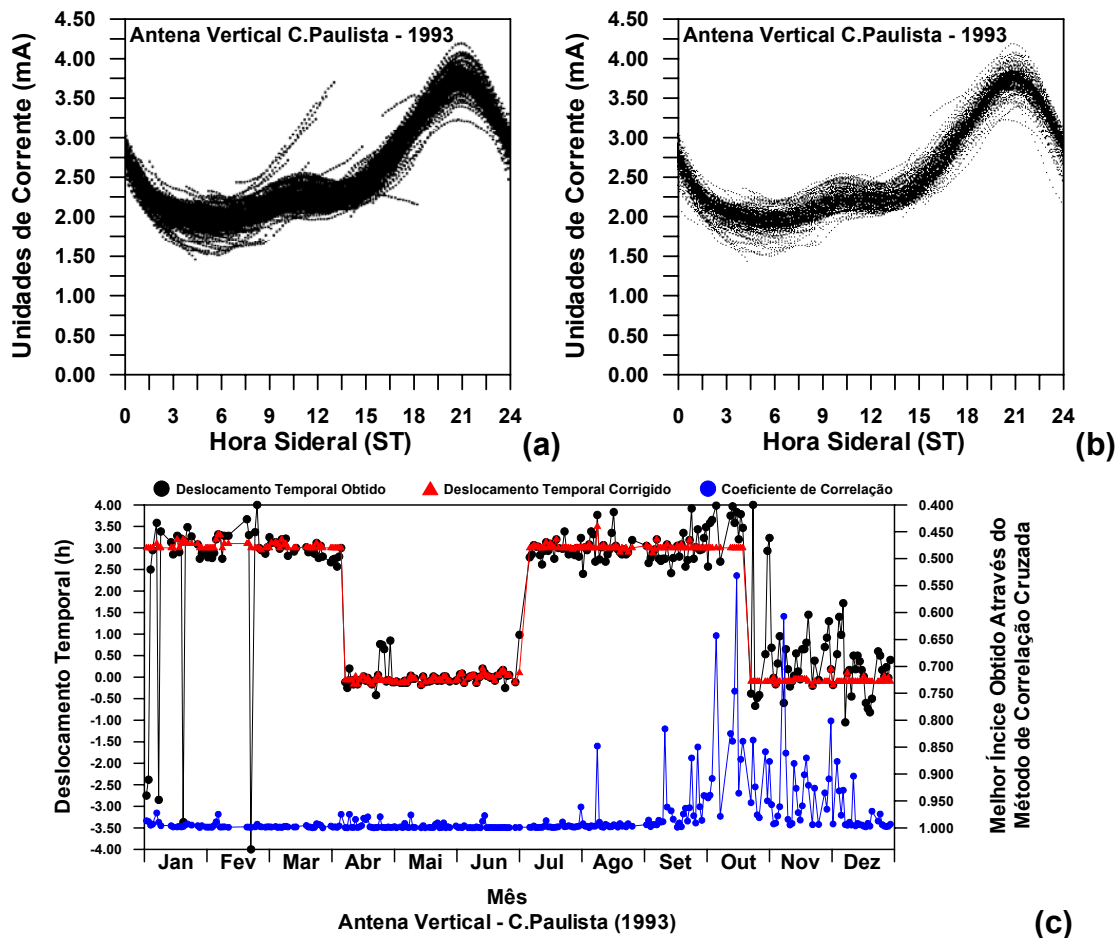


FIGURA 5.3 – (a) dados originais, sem correção; (b) dados corrigidos, e (c) valores dos Δt calculados (curva preta) e corrigidos (curva vermelha), e os respectivos melhores índices correlativos (curva azul).

Análises foram executadas após o emprego deste método para avaliar a confiabilidade e os possíveis erros ocasionados no processo de ajuste temporal. Para tal, escolheu-se um ano de uma série de dados considerada com muitos problemas e fez-se a correção temporal visualmente dia a dia (ex: registros do riômetro conectado à antena vertical no sítio de Cachoeira Paulista para o ano de 1989). Os resultados obtidos pelo programa comparados àqueles gerados pelo método visual, possibilitando o cálculo do erro percentual entre eles, podem ser observados na FIGURA 5.4. Nota-se que o erro calculado oscila em torno de 0,1% durante grande parte do ano, com alguns

picos chegando a alcançar até 10% para os meses de setembro, outubro e novembro. Tais picos são facilmente observados nos coeficientes correlativos obtidos para todos os ajustes temporais dos dados oriundos do sítio de Cachoeira Paulista, o que pode ser explicado pela suscetibilidade a variações sazonais ao longo do ano. Considerando-se esta peculiaridade realizou-se uma avaliação minuciosa para o sítio de Cachoeira Paulista estendendo-se a toda série temporal disponível.

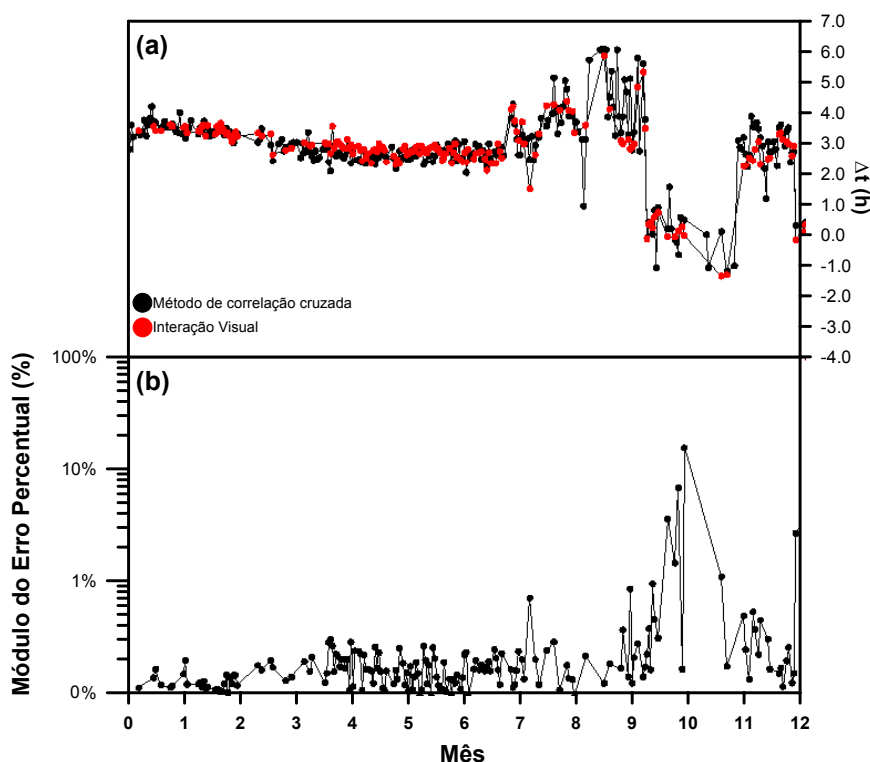


FIGURA 5.4 – (a) Δt calculadas pelo método de correlação-cruzada e Δt obtidas visualmente; (b) módulo da diferença percentual entre os dois métodos utilizados.

6 – PROCESSO DE CORREÇÃO DA CALIBRAÇÃO

Uma vez executados os processos de calibração e de ajuste temporal dos dados, descritos nos Capítulos 4 e 5 deste trabalho, pode-se constatar a presença de variações abruptas na amplitude dos sinais para determinados

períodos. Estes problemas conduziram à uma análise minuciosa do comportamento dos registros associado aos principais índices geofísicos disponíveis, análise esta que não mostrou nenhuma concordância, levando à suposição de que as variações abruptas ocorreram em virtude de problemas na atribuição do passo de calibração. Por razões desconhecidas, houve alterações nos passos de calibração utilizados pelo equipamento durante alguns períodos. Foram consultadas as rotinas diárias buscando-se possíveis causas, porém nada foi registrado. Desta forma foi necessário o desenvolvimento de alguns critérios para a correção desta série, visando eliminar, ou pelo menos minimizar, tais problemas.

O primeiro passo direcionado à solução deste problema deu-se através da identificação dos períodos afetados pelas discontinuidades da calibração. Para tal, utilizando-se as curvas obtidas durante dias geomagneticamente calmos do período da baixa atividade solar (FIGURA 4.4), selecionaram-se horários capazes de evidenciar diferentes amplitudes da variação diária do sinal (em hora sideral), horários estes apresentados nas FIGURAS 6.1.a, 6.2.a, 6.3.a e 6.4.a. As mesmas figuras apresentam a distribuição dos dados em ordem cronológica para todo o período de dados disponível (painéis *b*) e o comportamento destes nos horários selecionados (painéis *c*). Nota: As curvas de referência, apresentadas na FIGURA 4.4, foram obtidas através de registros de dados de dias sem problemas de calibração.

Antena Vertical - EACF

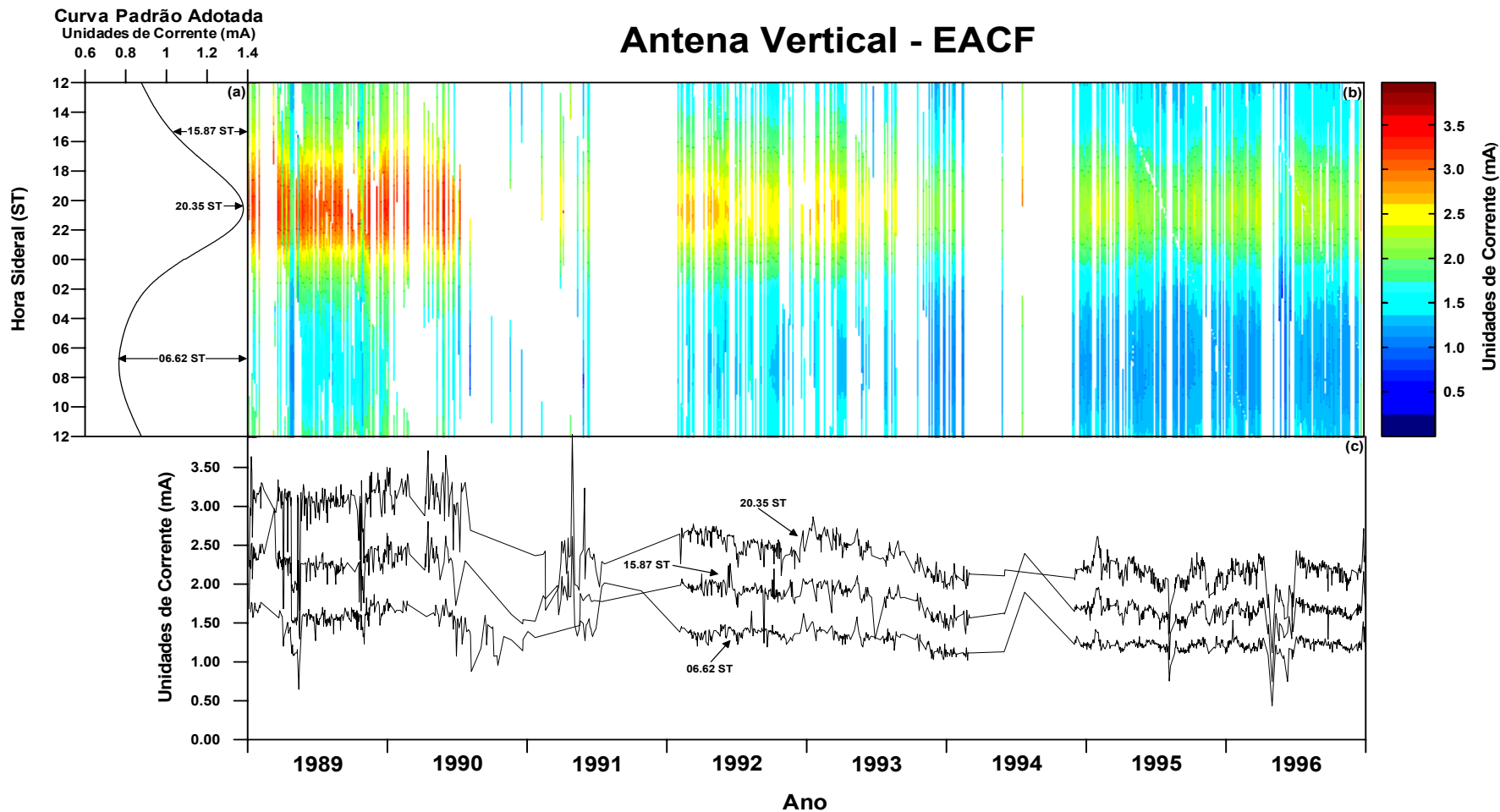


FIGURA 6.1 – Dados do riômetro conectada à antena vertical no sítio EACF. (a) curva padrão; (b) dados disponíveis entre os anos de 1989 e 1996 em ST; e (c) seleção de horários para análise da variação de calibração.

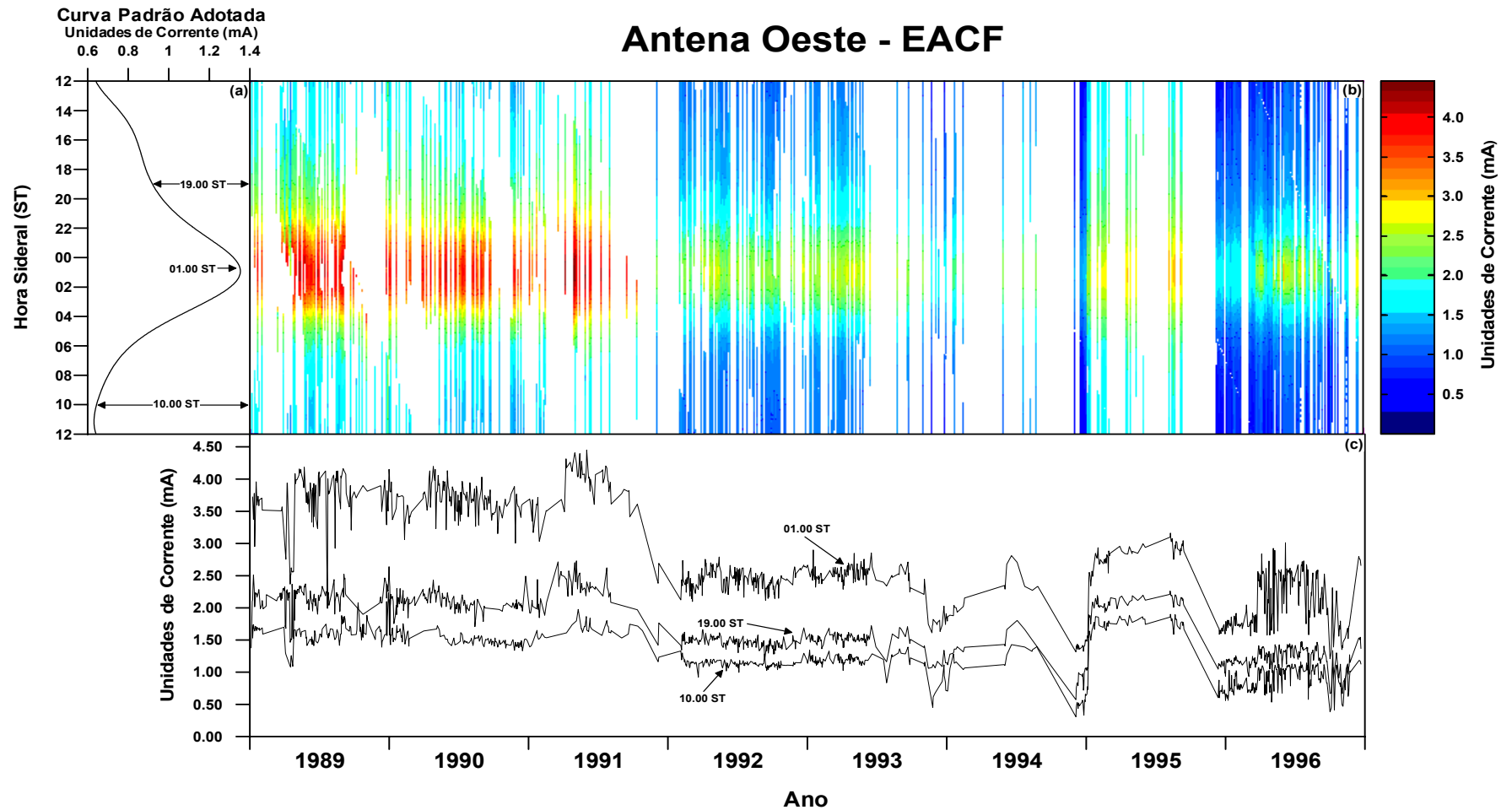


FIGURA 6.2 – Dados do riômetro conectado à antena oeste do sítio EACF. (a) curva padrão; (b) dados disponíveis entre os anos de 1989 e 1996 em ST; e (c) seleção de horários para análise da variação de calibração.

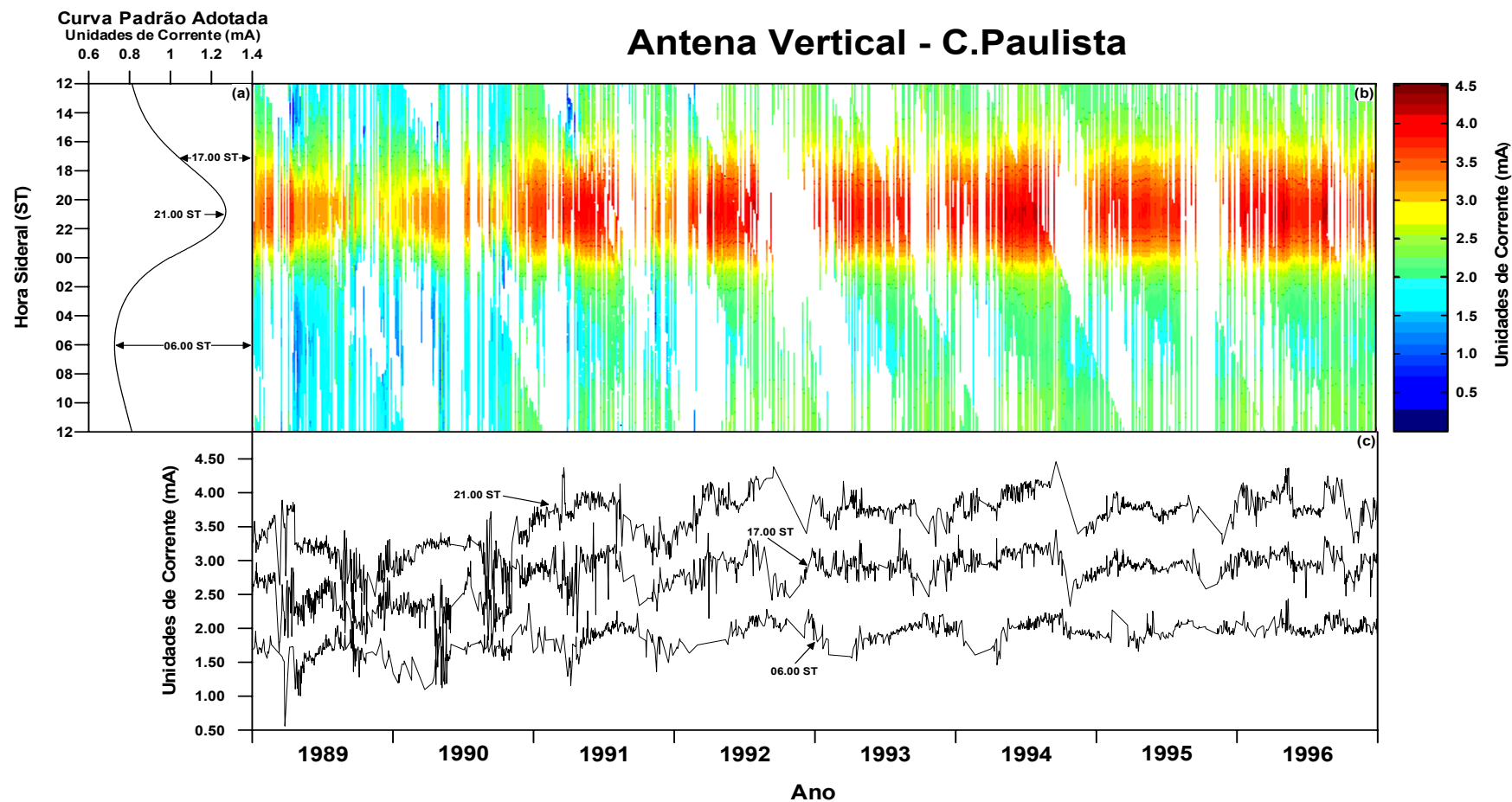


FIGURA 6.3 – Dados do riômetro conectado à antena vertical do sítio de Cachoeira Paulista. (a) curva padrão; (b) dados disponíveis entre os anos de 1989 e 1996 em ST; e (c) seleção de horários para análise da variação de calibração.

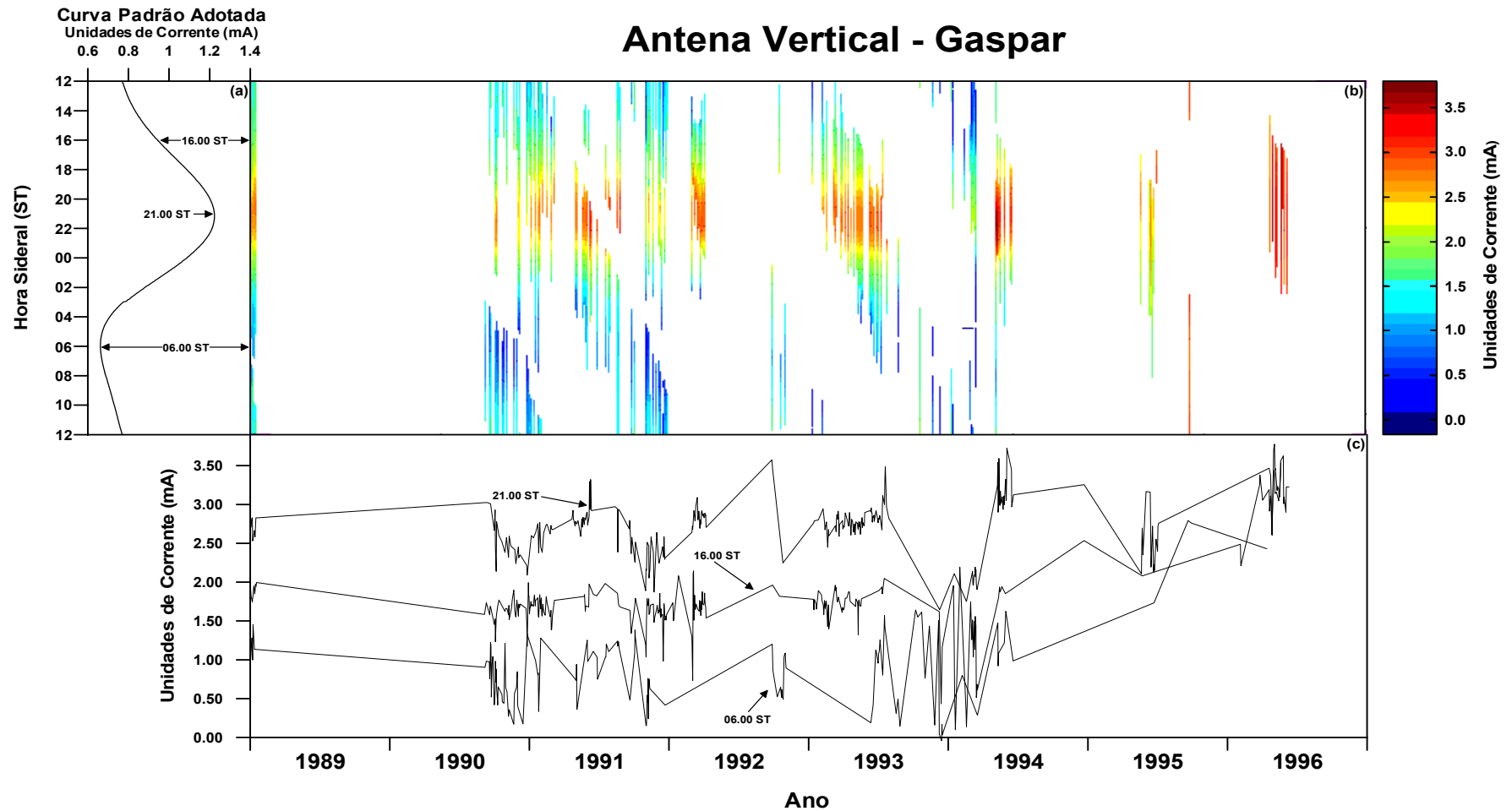


FIGURA 6.4 – Dados do riômetro conectado à antena vertical do sítio de Gaspar. (a) curva padrão; (b) dados disponíveis entre os anos de 1989 e 1996 em ST; e (c) seleção de horários para análise da variação de calibração.

As FIGURAS 6.1 e 6.2 permitem identificar variações nítidas na amplitude dos sinais registrados pelos riômetros da EACF. A partir dos registros de riômetro conectado a antena vertical do sítio da EACF (FIGURA 6.1), pode-se constatar alguns problemas associados à calibração referentes ao início do ano de 1989 até o final do ano de 1991 e ainda, pequenas oscilações nos anos de 1995 e 1996. Já os registros referentes ao riômetro conectado à antena oeste mostram variações mais intensas na amplitude dos sinais registrados, as quais ocorrem em períodos mais prolongados (FIGURA 6.2). É possível verificar neste último, a existência de 3 passos de calibração distintos. O primeiro estendendo-se desde o início de 1989 até final de 1991, o segundo entre início de 1992 até o final de 1994, e o terceiro passo abrange em sua totalidade o ano de 1995.

A correção da calibração aplicada aos registros mencionados no parágrafo anterior deu-se pelo confronto entre os registros das duas antenas de períodos considerados com calibrações corretas com os períodos de calibração erradas, isto é, através da análise do quociente obtido entre os registros bons e ruins. Convém ressaltar que tal procedimento somente pôde ser executado visto a proximidade entre as áreas observadas pelas antenas. O painel *a* da FIGURA 6.5 apresenta os registros das 20h35 ST das duas antenas do sítio da EACF e o quociente da interação W/V (onde W e V fazem referência aos dados de riômetros conectados as antenas oeste e vertical, respectivamente). Pôde-se notar grandes variações nos registros apresentados nesta figura, as quais são transportadas para o cálculo do quociente entre os registros apresentado pela linha contínua azul (painel *a*). O painel *b* da FIGURA 6.5 apresenta os períodos de dados considerados estáveis para cada antena para uma fração considerável de tempo (≥ 15 dias) seguido de períodos com ausência de registros (representados pelos segmentos de reta em verde), e por fim, o painel *c* desta mesma figura apresenta os novos quocientes obtidos após a correção dos passos de calibração para os mesmos horários selecionados nas figuras anteriores.

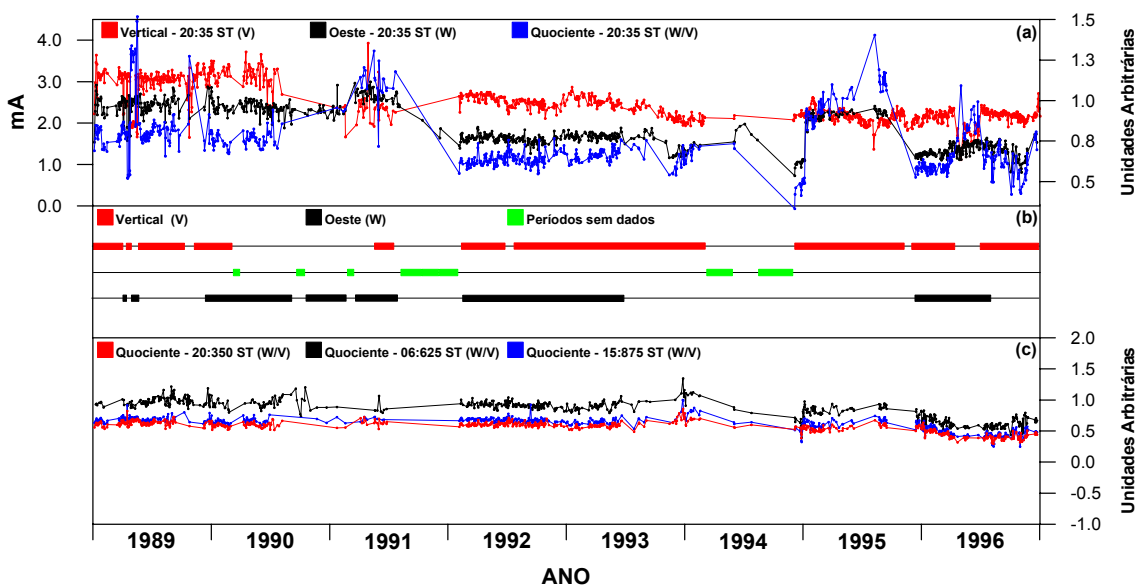


FIGURA 6.5 – Processo de correção na calibração dos registros do sítio EACF. (a) variação do registro pelo período total analisado; (a) períodos previamente selecionados considerados estáveis; e (c) registros submetidos a correção.

O resultado da interação de correção da calibração, apresentada no parágrafo anterior, sobre todos os registros adquiridos no sítio EACF para a antena vertical e oeste são apresentados nas FIGURAS 6.6 e 6.7.

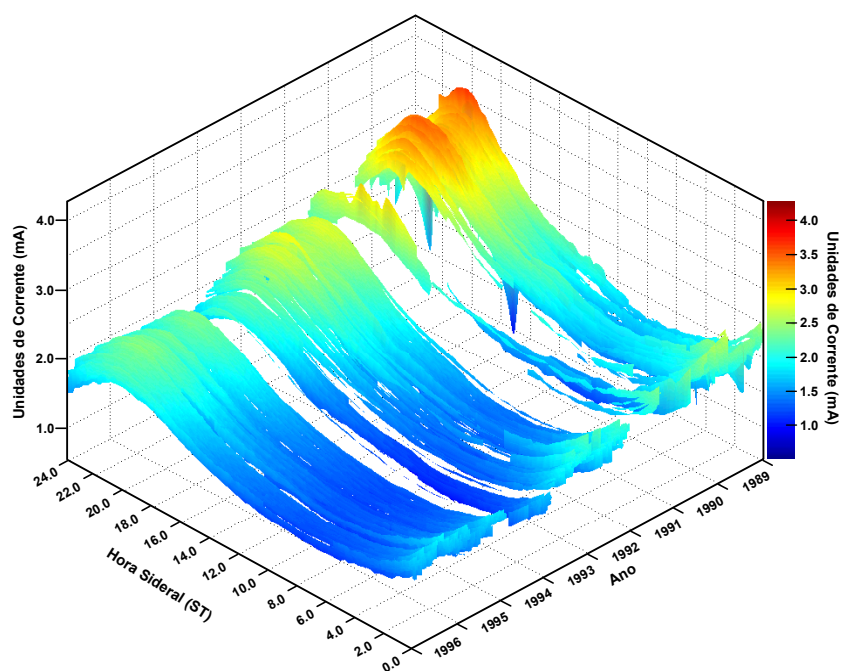


FIGURA 6.6 – Registros do riômetro conectado à antena vertical do sítio da EACF após as correções aplicadas aos passos de calibração.

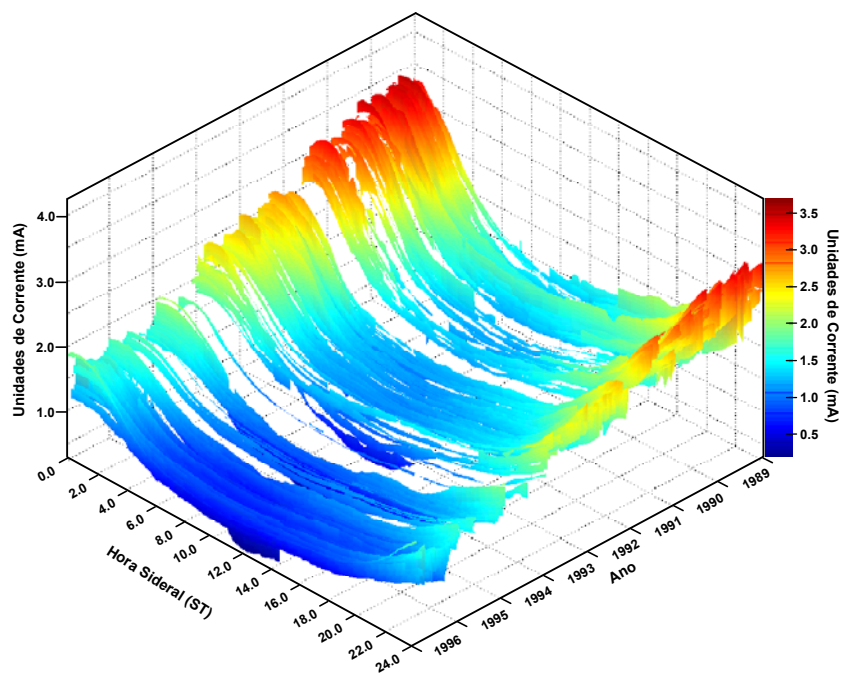


FIGURA 6.7 – Registros do riômetro conectado à antena oeste do sítio da EACF após as correções aplicadas aos passos de calibração.

Seria natural aplicar o mesmo método de correção de calibração nos registros de riômetro dos sítios de Cachoeira Paulista e Gaspar (confrontamento de dados), no entanto os dados oriundos de Gaspar apresentam muitos problemas, como pode ser constatado na visualização da FIGURA 6.4.c. Além dos problemas de registros, as lacunas existentes entre as séries contínuas de dados considerados “aceitáveis” são grandes e freqüentes (FIGURA 6.8) impossibilitando, desta forma, a determinação de um período de tempo considerável ao qual seja possível atribuir um comportamento estável. Assim sendo, decidiu-se utilizar os registros do sítio de Gaspar somente para o estudo de eventos transientes localizados.

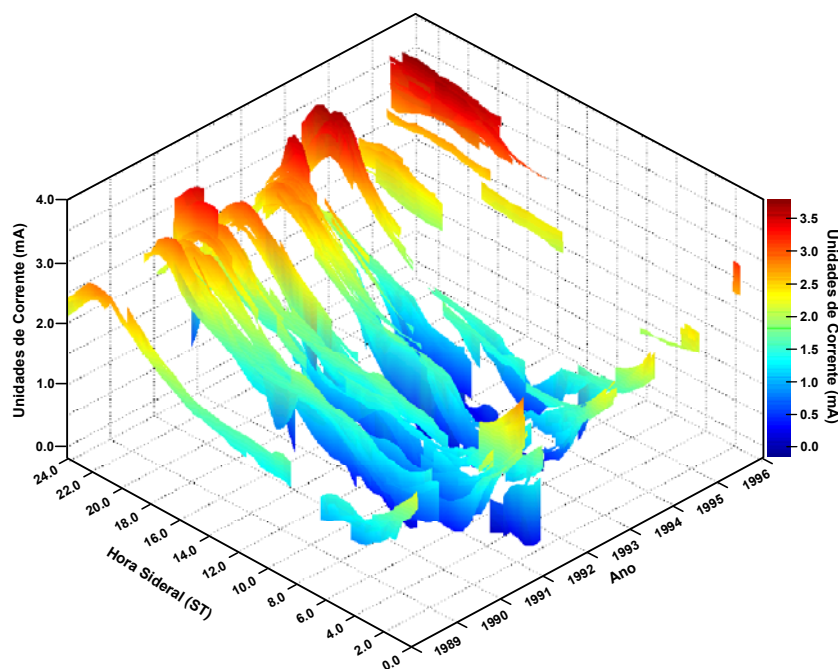


FIGURA 6.8 – Configuração sazonal dos dados de riômetro conectado a antena vertical do sítio de Gaspar (sem a aplicação de correção de calibração).

Os registros do sítio de Cachoeira Paulista foram considerados os melhores no que tange tanto à distribuição na série temporal analisada, isto é, maior número de dias com registros aproveitáveis no espaço amostral selecionado (1989-1996), como também em relação a apresentarem um comportamento estável

durante grandes espaços de tempo (FIGURA 6.3). Apesar de serem nítidos os problemas referentes à atribuição dos passos de calibração, os quais geram várias quebras nas seqüências registradas em ST (FIGURA 6.3.c), foi possível identificar um comportamento sazonal inversamente proporcional ao visualizado nos registros do sítio da EACF. Partindo deste comportamento e do grande número de espaços temporais de registros consideráveis estáveis para este sítio executou-se, a exemplo do método aplicado aos dados da EAFc, um confronto entre estes registros e aqueles corrigidos para a antena vertical da EACF. Desta forma foi possível estabelecer as correções nos passos de calibração, as quais são apresentadas na FIGURA 6.9.

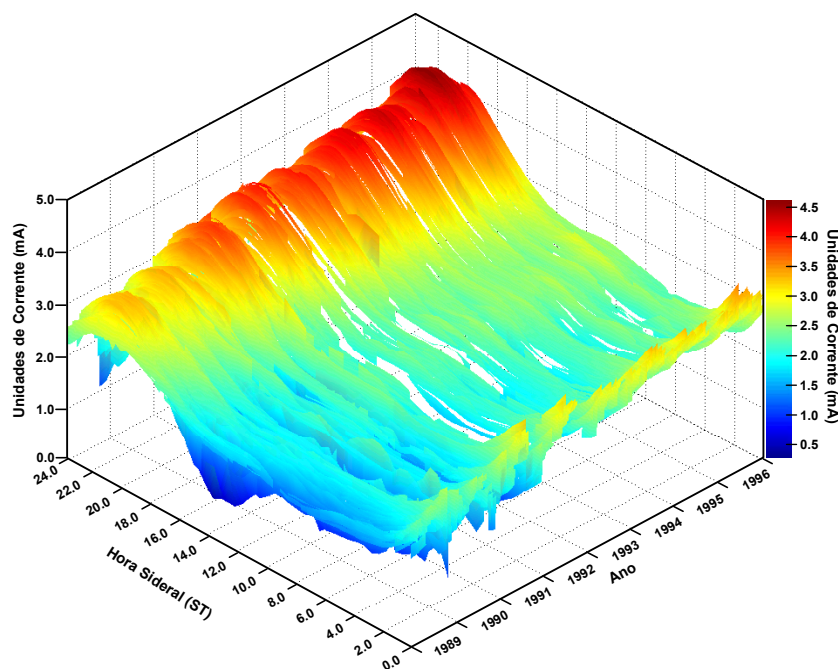


FIGURA 6.9 – Dados do riômetro conectado à antena vertical do sítio de Cachoeira Paulista após as correções aplicadas aos passos de calibração.

Após todo processo o de redução de dados descrito até o presente momento, cada arquivo de dados gerado foi verificado individualmente na tentativa de identificar ainda possíveis problemas associados tanto à série temporal, passos de calibração, assim como a problemas residuais gerados pelos programas

utilizados, onde para este último não houve ocorrência alguma mostrando a eficácia dos programas confeccionados.

7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS DO PROCESSO DE REDUÇÃO DE DADOS

Neste trabalho foram apresentados todos os processos e critérios desenvolvidos na redução e validação de dados de riômetro.

Os números finais das interações de calibração e validação dos dados aplicadas aos registros de riômetro descritos neste trabalho e aplicados aos dados de Cachoeira Paulista e EACF são apresentados na TABELA 1.2. Faz-se necessário ressaltar que os levantamentos referentes ao sítio de Gaspar excluem a última interação de correção de calibração.

TABELA 1.2 – Produto final das interações de validação de dados aplicadas aos registros de riômetro.

	EACF Antena vertical	EACF Antena oeste	C. Paulista Antena vertical	Gaspar Antena vertical
ANO	Dias	Dias	Dias	Dias
1989	290	219	293	15
1990	101	168	249	60
1991	35	80	264	140
1992	200	205	244	57
1993	166	149	292	128
1994	56	41	297	54
1995	260	95	262	22
1996	257	255	313	32
Total:	1365	1212	2214	508

Os resultados das metodologias descritas neste trabalho são apresentados no Apêndice B.

A metodologia desenvolvida e aplicada aos processos de redução e de validação dos dados também se mostrou eficaz, gerando um banco de dados digitais inédito de registros da variação de absorção ionosférica da região sub-auroral e da região da AMAS.

Através da metodologia aplicada às análises de dados tornou-se possível obter resultados confiáveis da variação da absorção ionosférica do ruído cósmico. Alguns dos resultados obtidos corroboram com a literatura, validando deste modo os métodos utilizados.

BIBLIOGRAFIA

Dolukhanov, M. **Propagation of radio waves**. Moscow: Mir Publishers, 1971.

Duffett-Smith, Peter E. **Practical astronomy**. Cambridge: Cambridge University Press, 1979.

Wrenn, G.L.; Rodger, A.S.; Rishbeth, H. Geomagnetic storms in the Antarctic F-Region. I. Diurnal and seasonal patterns for main phase effects. **Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics**, v.49, n. 9, p. 901-913, 1987.

APÊNDICE A

TRANSFORMAÇÃO DA SÉRIE TEMPORAL UNIVERSAL EM SÉRIE TEMPORAL SIDERAL

A solução matemática proposta para a transformação da série temporal universal em série temporal sideral é dada por (Duffett, 1979):

$$ST = A * UT + B * d_n - C \quad (A.1)$$

onde,

ST = hora sideral;

A , B e C = constantes astronômicas;

UT = hora universal;

d_n = número do dia Juliano correspondente ao dia a ser transformado.

As constantes astronômicas (A) e (B) assumem os valores 1,002743 e 0,065709 respectivamente, já a constante astronômica (C) varia anualmente (TABELA A.1).

TABELA A.1 – Valores da constante astronômica (C).

ANO	VALOR DA CONSTANTE (C)
1989	17,357573
1990	17,373487
1991	17,389402
1992	17,405316
1993	17,355521
1994	17,371435
1995	17,387349
1996	17,403626

FONTE: Duffet (1979).

Como exemplo, a Figura A.1 mostra a aplicação desta interação de transformação de uma série temporal universal em série temporal sideral para o ano de 1992 (com espaçamento de aproximadamente 30 dias) para os registros do riômetro conectado a antena vertical da EACF, mostrando o produto final da. A figura permite também a observação da fase dos registros em ST, característica essa que foi muito utilizada nas análises de correção da série temporal realizadas neste trabalho.

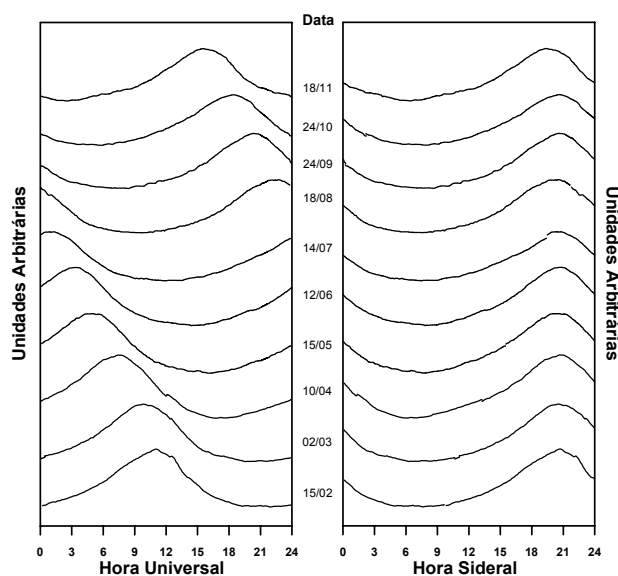


FIGURA A.1 – Representação visual da implementação da transformação da série temporal universal (UT) em série temporal sideral (ST).

APÊNDICE B

RESULTADOS DOS PROCESSOS DE CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DOS DADOS DE RIÔMETROS

Neste Apêndice serão apresentados graficamente os resultados dos processos de calibração e correções (da série temporal e dos passos de calibração) aplicados aos registros dos riômetros no decorrer do desenvolvimento deste trabalho.

Os dados serão apresentados agrupados por sítio de registro (Antena vertical - EACF, Antena oeste - EACF, Antena vertical - C.Paulista e Antena vertical - Gaspar) e temporalmente em blocos de amostragem de 1 ano. Cada figura apresentará 5 índices, os quais representam cada passo do processo de redução e validação dos registros de riômetros. As figuras entre B.26 e B.33, apresentam apenas 4 índices, uma vez que referem-se aos registros do sítio de Gaspar e portanto não tendo sofrido as correções de calibração adotadas nas outras estações.

Os índices "A" mostram os registros digitalizados em unidades arbitrárias. Os índices "B" diferenciando-se dos índices "A" por apresentarem os registros calibrados pelos métodos descritos no Capítulo 2. Os valores obtidos através do método de correlação-cruzada para a correção da série temporal são mostrados nos índices "C" seguidos dos produtos de sua interação (índices "D"). Por fim, os dados que sofreram as correções do processo de ajuste de calibração são apresentados nos índices "E".

B.1 - Resultados dos processos de redução e validação dos dados do riômetro conectado a antena vertical da EACF

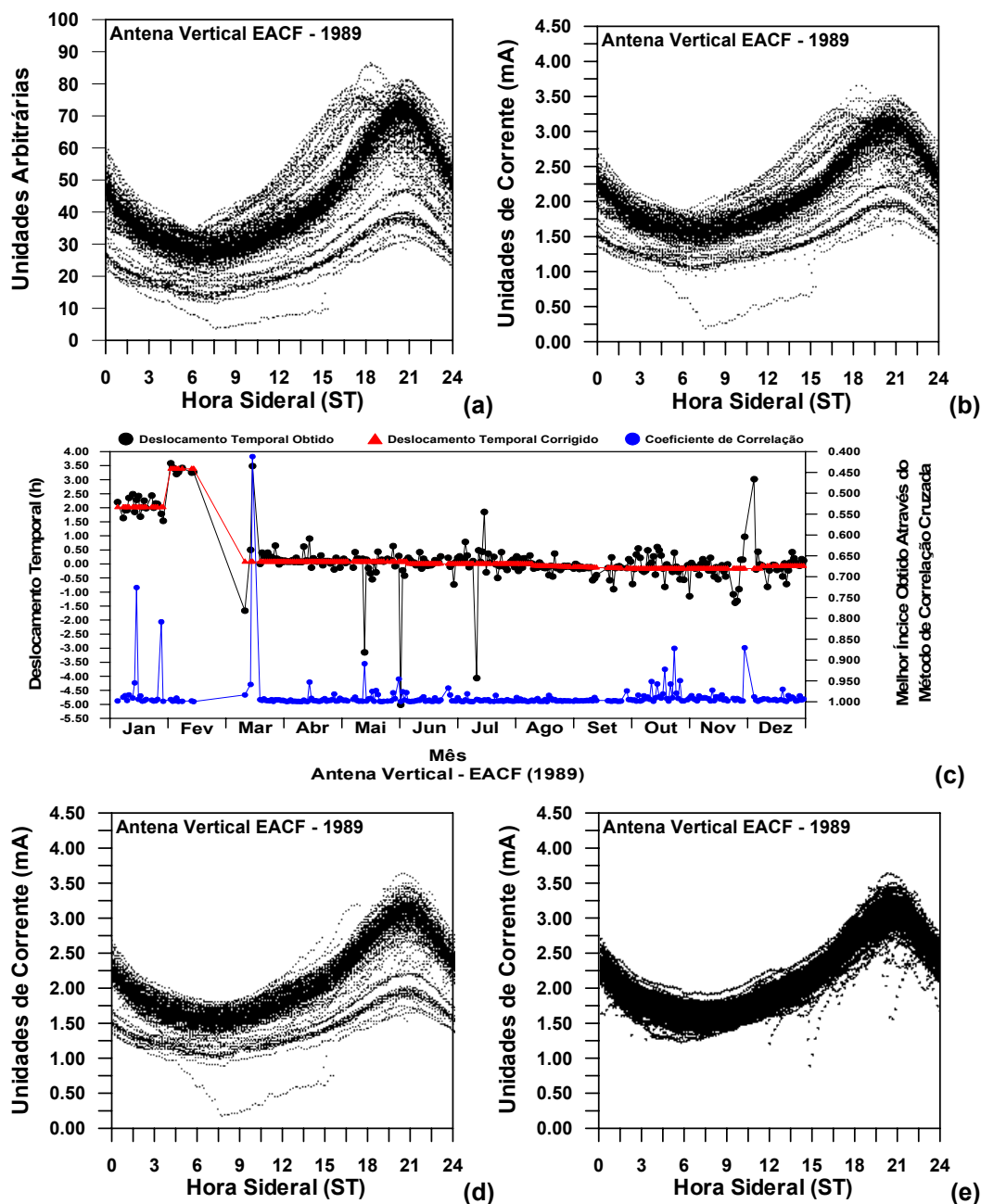


FIGURA B.1 – Dados do riômetro conectado a antena vertical – EACF (1989). (a) fonte digitalizada; (b) calibrados; (c) índices aplicados a correção da série temporal; (d) série temporal corrigida; e (e) passo de calibração corrigido.

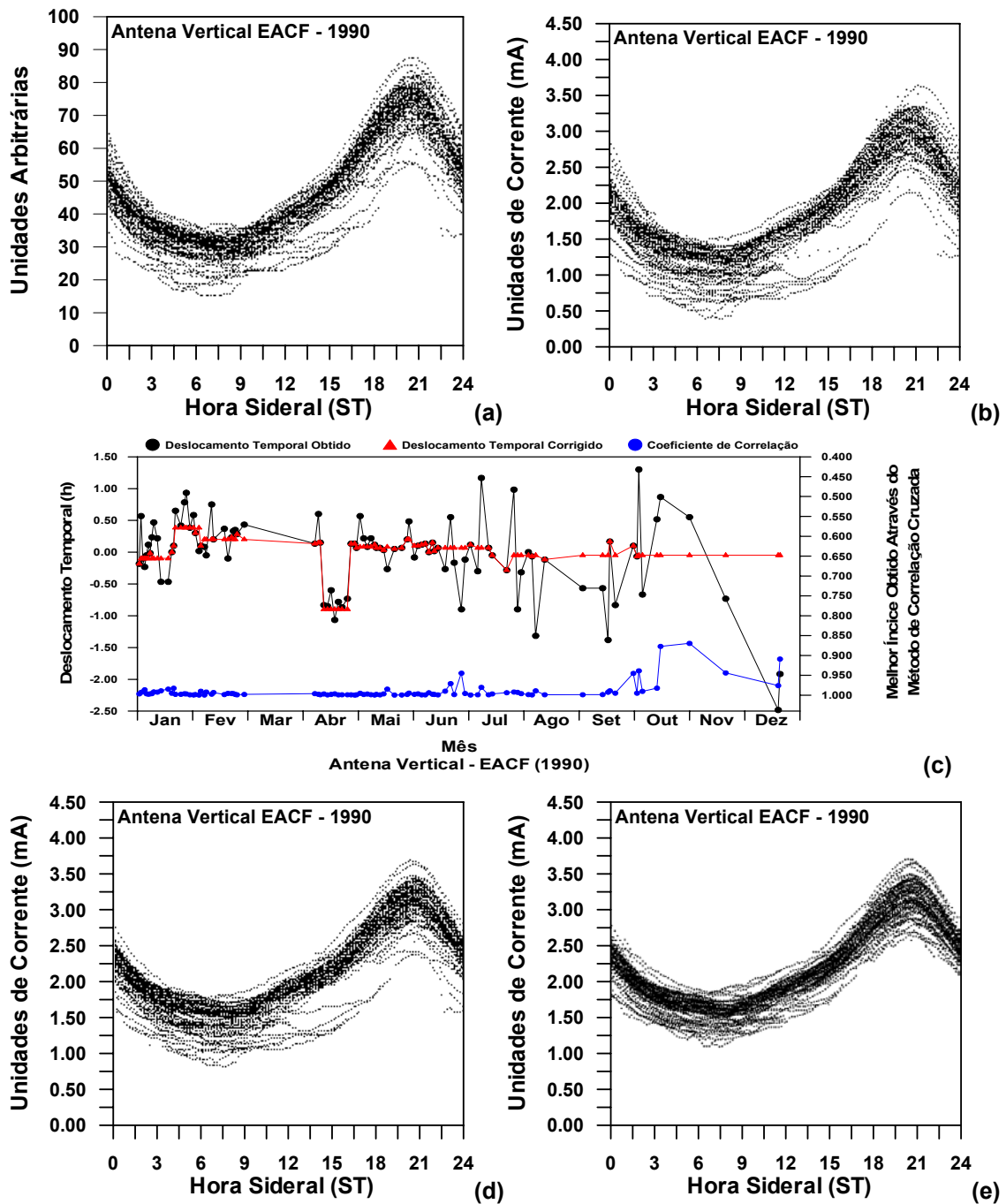


FIGURA B.2 - Dados do riômetro conectada a antena vertical – EACF (1990).
 (a) fonte digitalizada; (b) calibrados; (c) índices aplicados a correção da série temporal; (d) série temporal corrigida; e (e) passo de calibração corrigido.

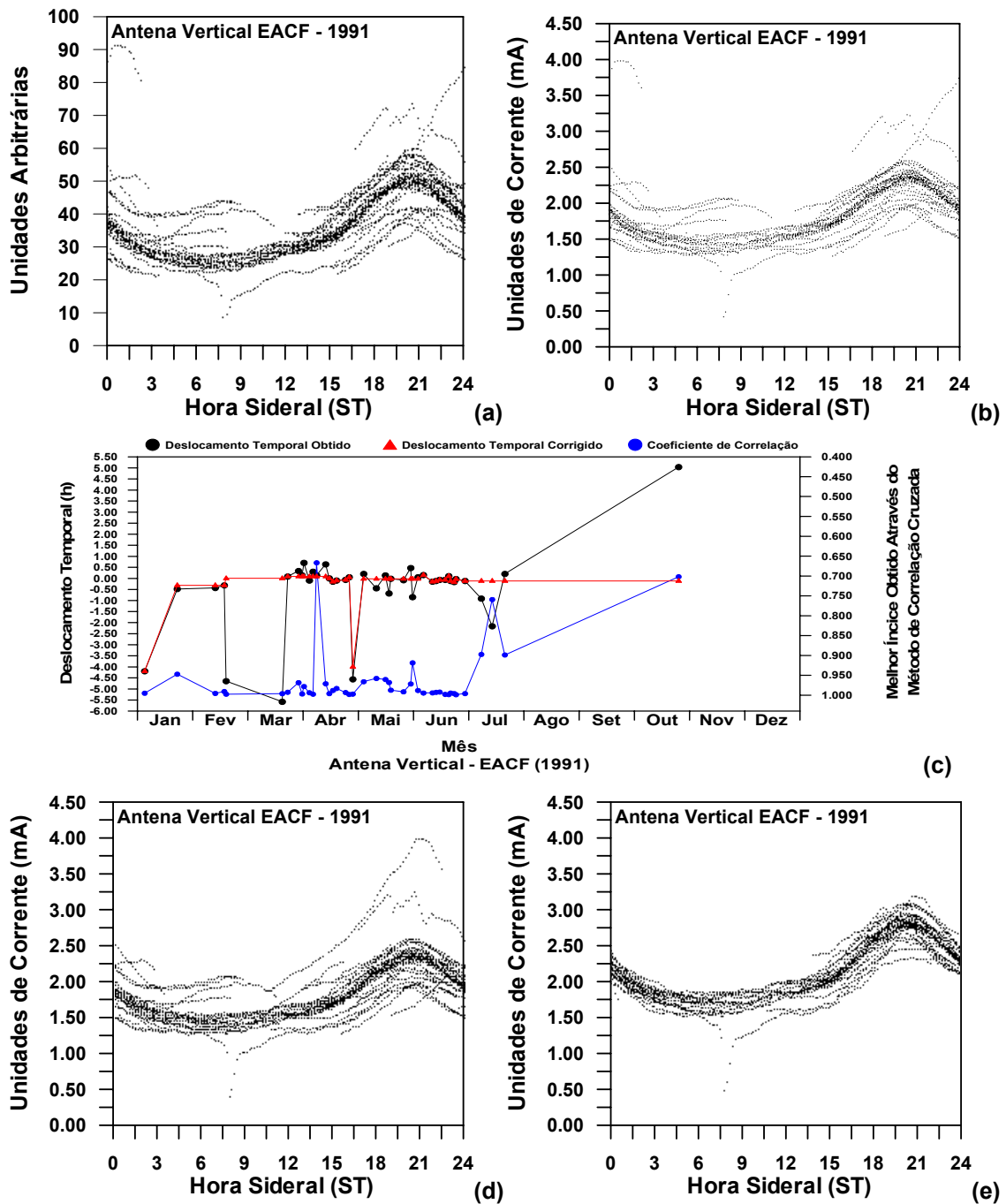


FIGURA B.3 - Dados do riômetro conectado a antena vertical – EACF (1991). (a) fonte digitalizada; (b) calibrados; (c) índices aplicados a correção da série temporal; (d) série temporal corrigida; e (e) passo de calibração corrigido.

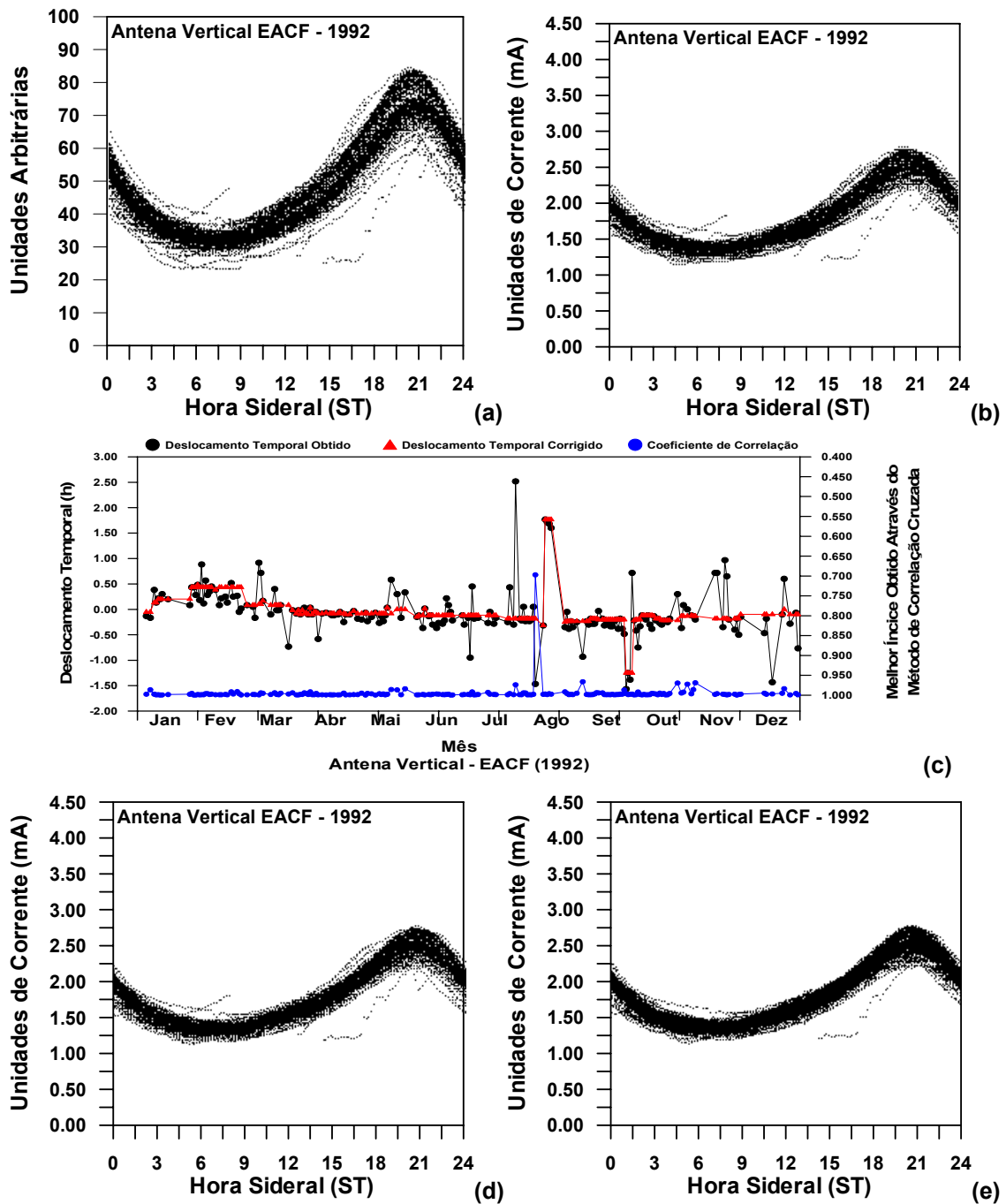


FIGURA B.4 - Dados do riômetro conectado a antena vertical – EACF (1992).
 (a) fonte digitalizada; (b) calibrados; (c) índices aplicados a correção da série temporal; (d) série temporal corrigida; e (e) passo de calibração corrigido.

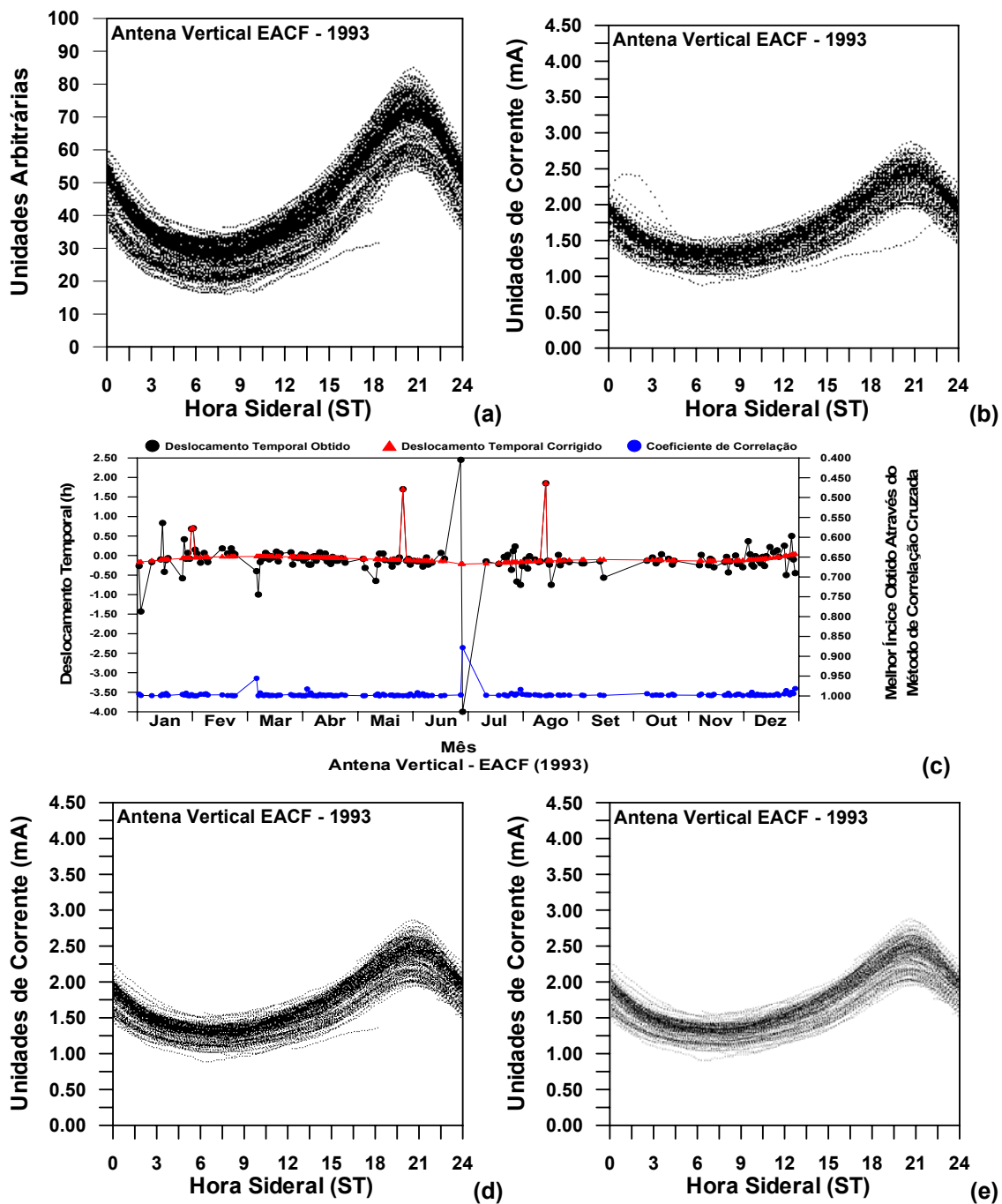


FIGURA B.5 - Dados do riômetro conectado a antena vertical – EACF (1993).
 (a) fonte digitalizada; (b) calibrados; (c) índices aplicados a correção da série temporal; (d) série temporal corrigida; e (e) passo de calibração corrigido.

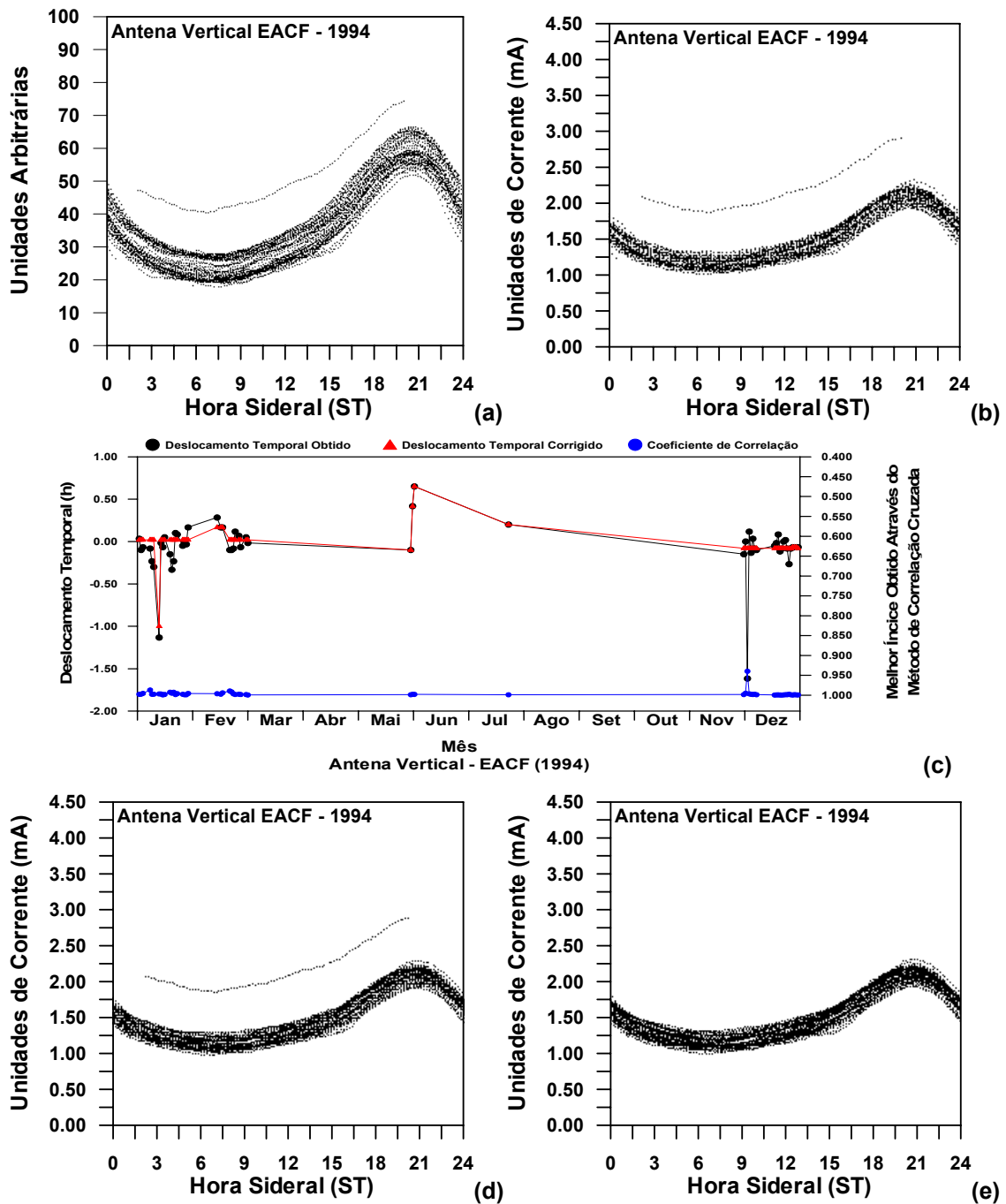


FIGURA B.6 - Dados do riômetro conectado a antena vertical – EACF (1994).
 (a) fonte digitalizada; (b) calibrados; (c) índices aplicados a correção da série temporal; (d) série temporal corrigida; e (e) passo de calibração corrigido.

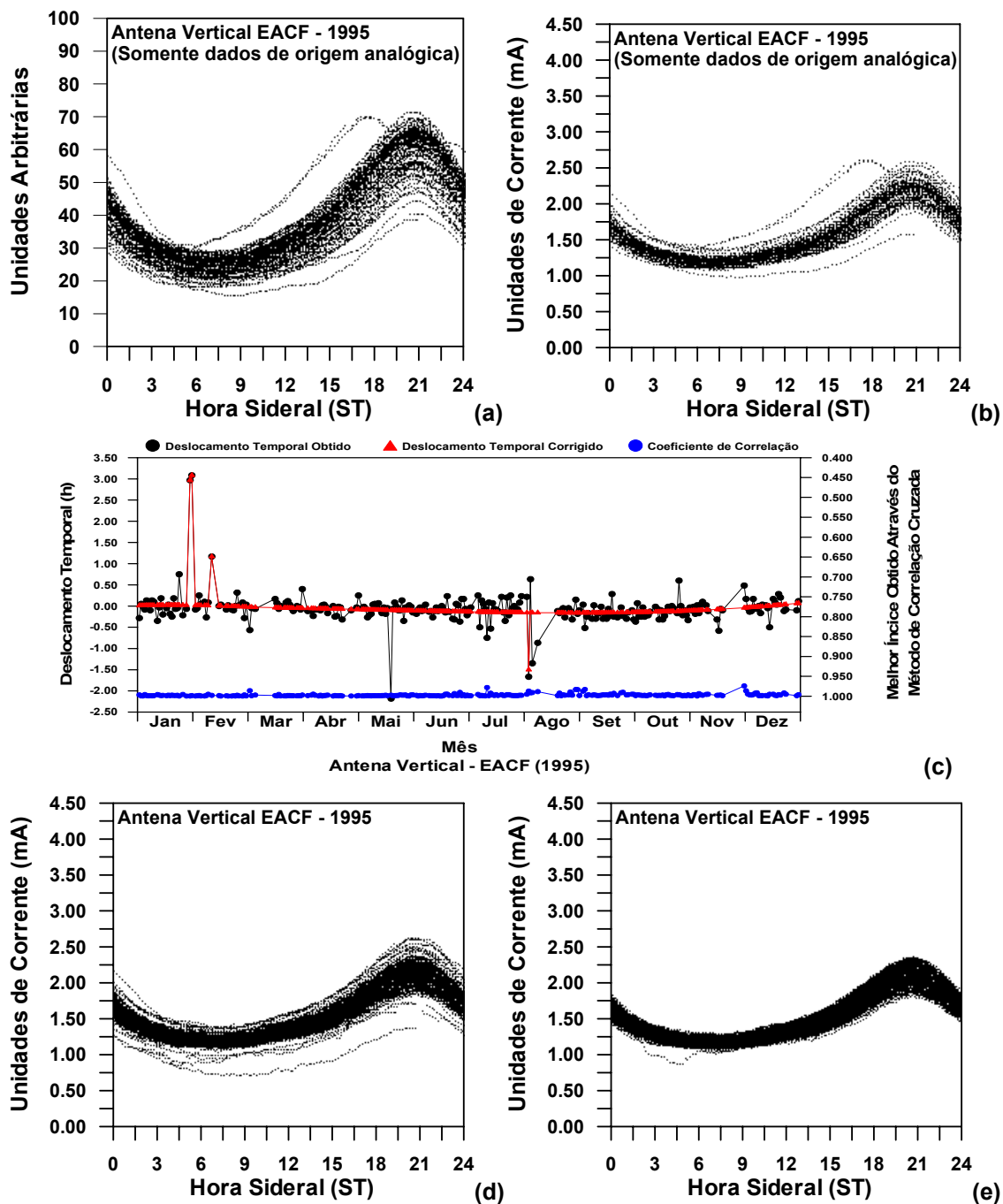


FIGURA B.7 - Dados do riômetro conectado a antena vertical – EACF (1995). (a) fonte digitalizada; (b) calibrados; (c) índices aplicados a correção da série temporal; (d) série temporal corrigida; e (e) passo de calibração corrigido.

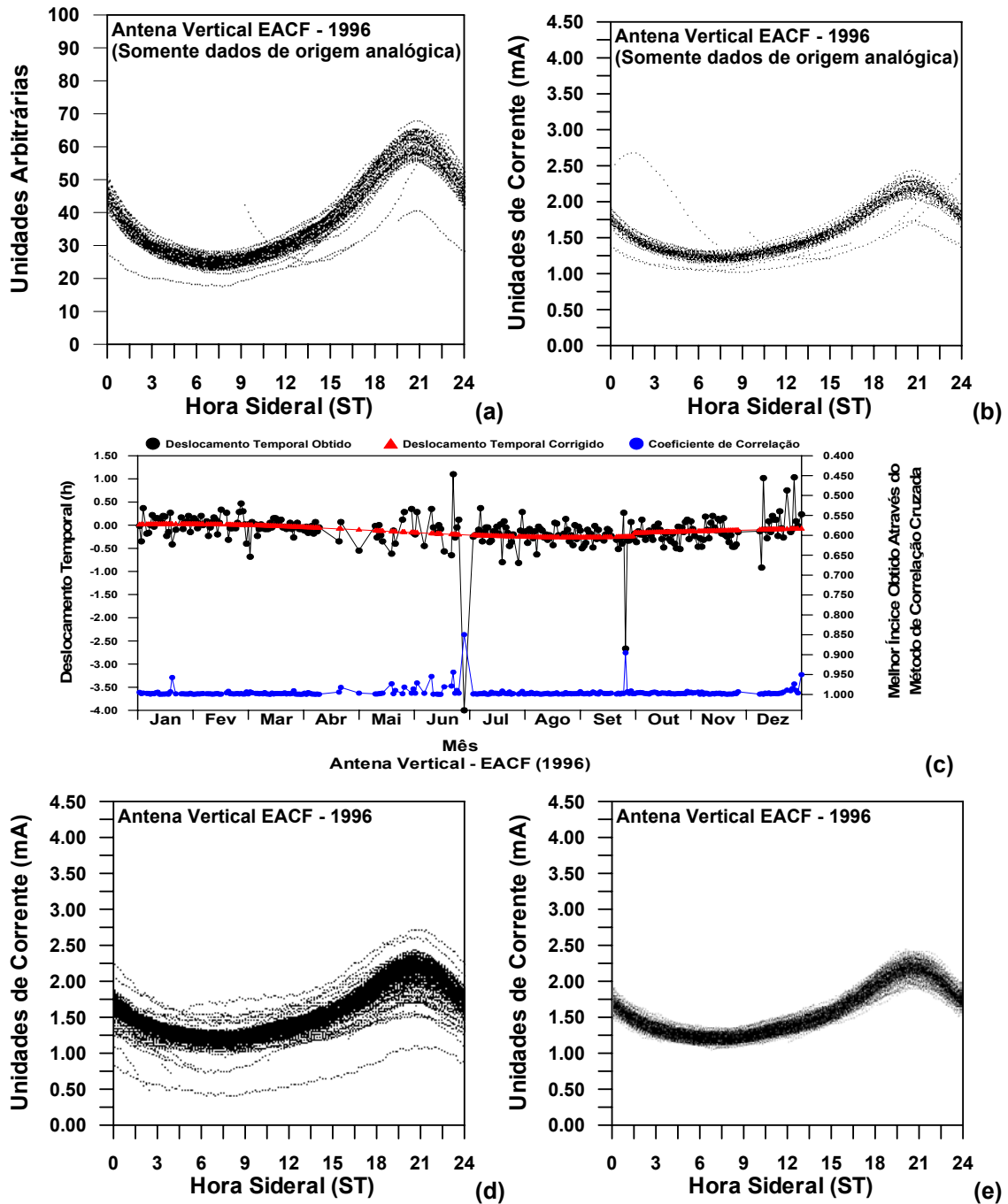


FIGURA B.8 - Dados do riômetro conectado a antena vertical – EACF (1996).
 (a) fonte digitalizada; (b) calibrados; (c) índices aplicados a correção da série temporal; (d) série temporal corrigida; e (e) passo de calibração corrigido.

B.2 - Resultados dos processos de redução e validação dos dados do riômetro conectado a antena oeste do sítio EACF

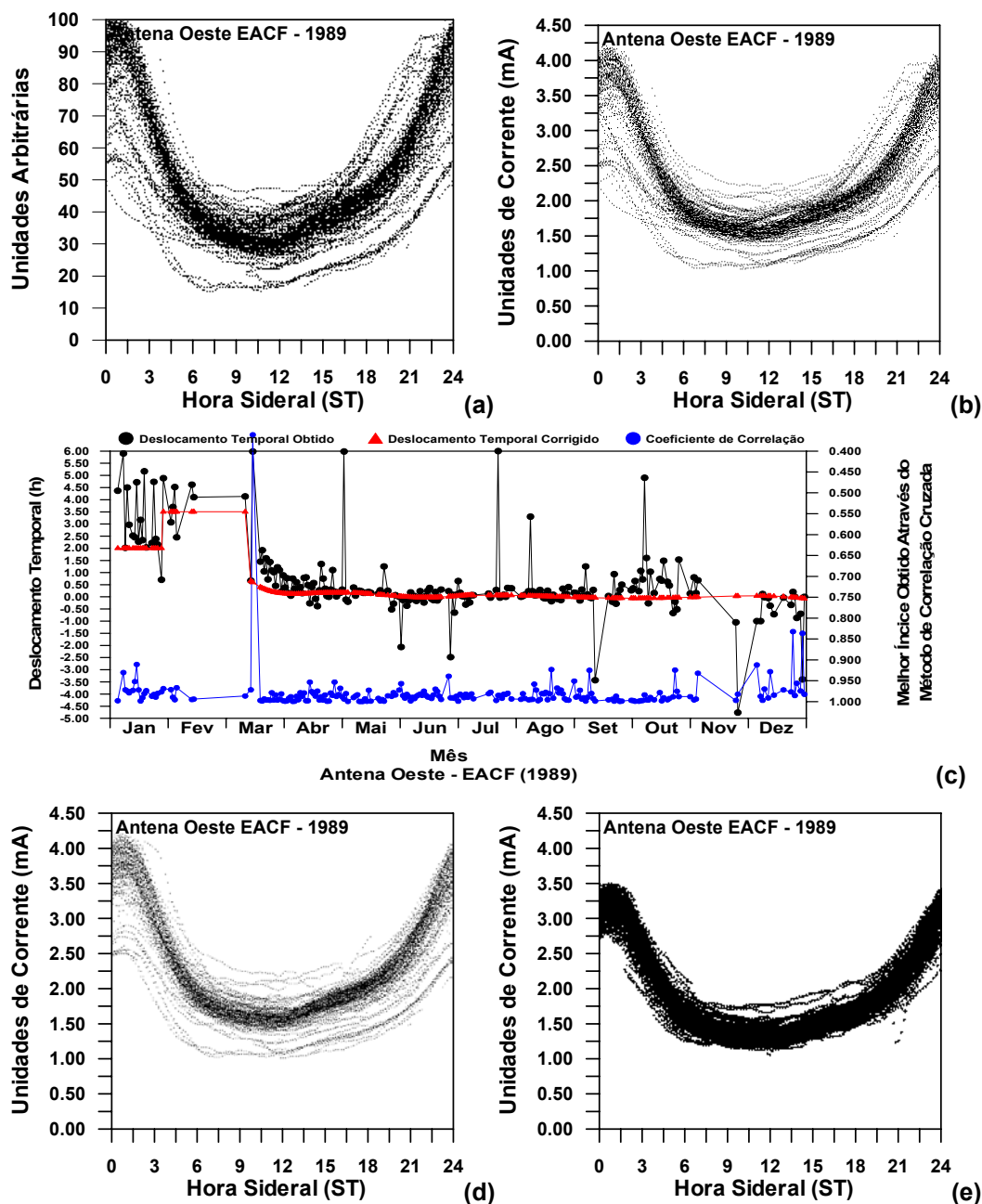


FIGURA B.9 - Dados do riômetro conectado a antena oeste – EACF (1989). (a) fonte digitalizada; (b) calibrados; (c) índices aplicados a correção da série temporal; (d) série temporal corrigida; e (e) passo de calibração corrigido.

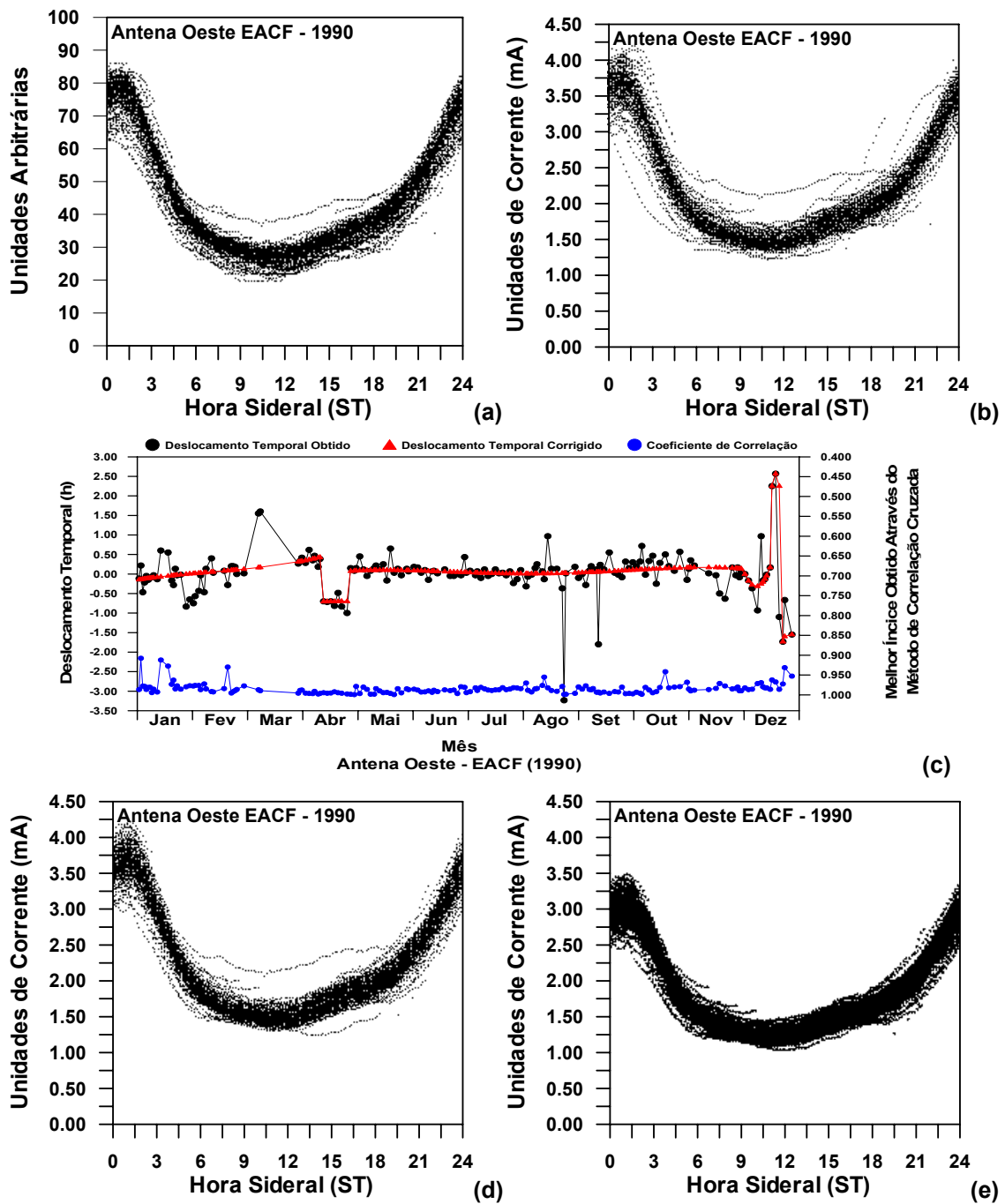


FIGURA B.10 - Dados do riômetro conectado a antena oeste – EACF (1990). (a) fonte digitalizada; (b) calibrados; (c) índices aplicados a correção da série temporal; (d) série temporal corrigida; e (e) passo de calibração corrigido.

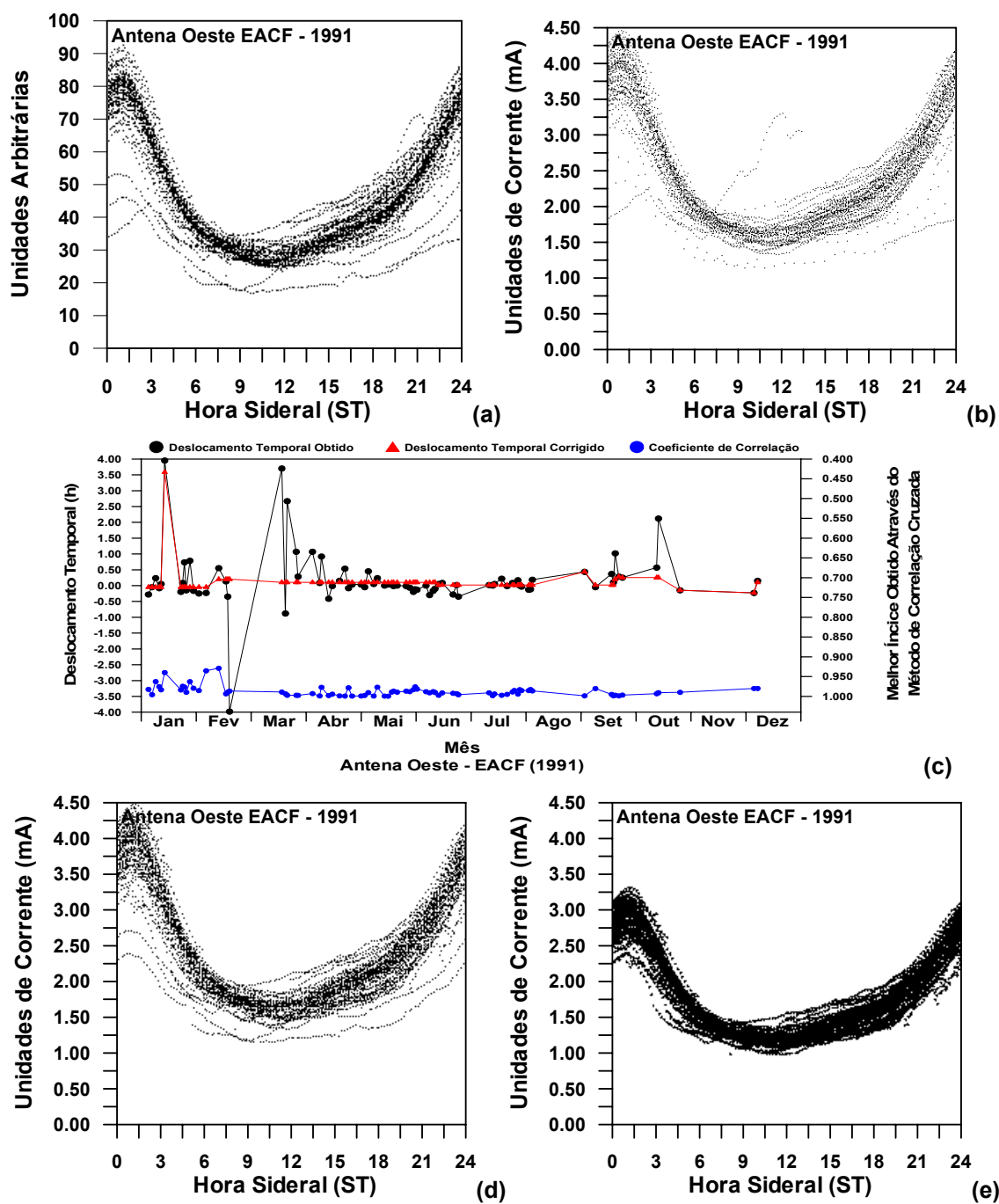


FIGURA B.11 - Dados do riômetro conectado a antena oeste – EACF (1991). (a) fonte digitalizada; (b) calibrados; (c) índices aplicados a correção da série temporal; (d) série temporal corrigida; e (e) passo de calibração corrigido.

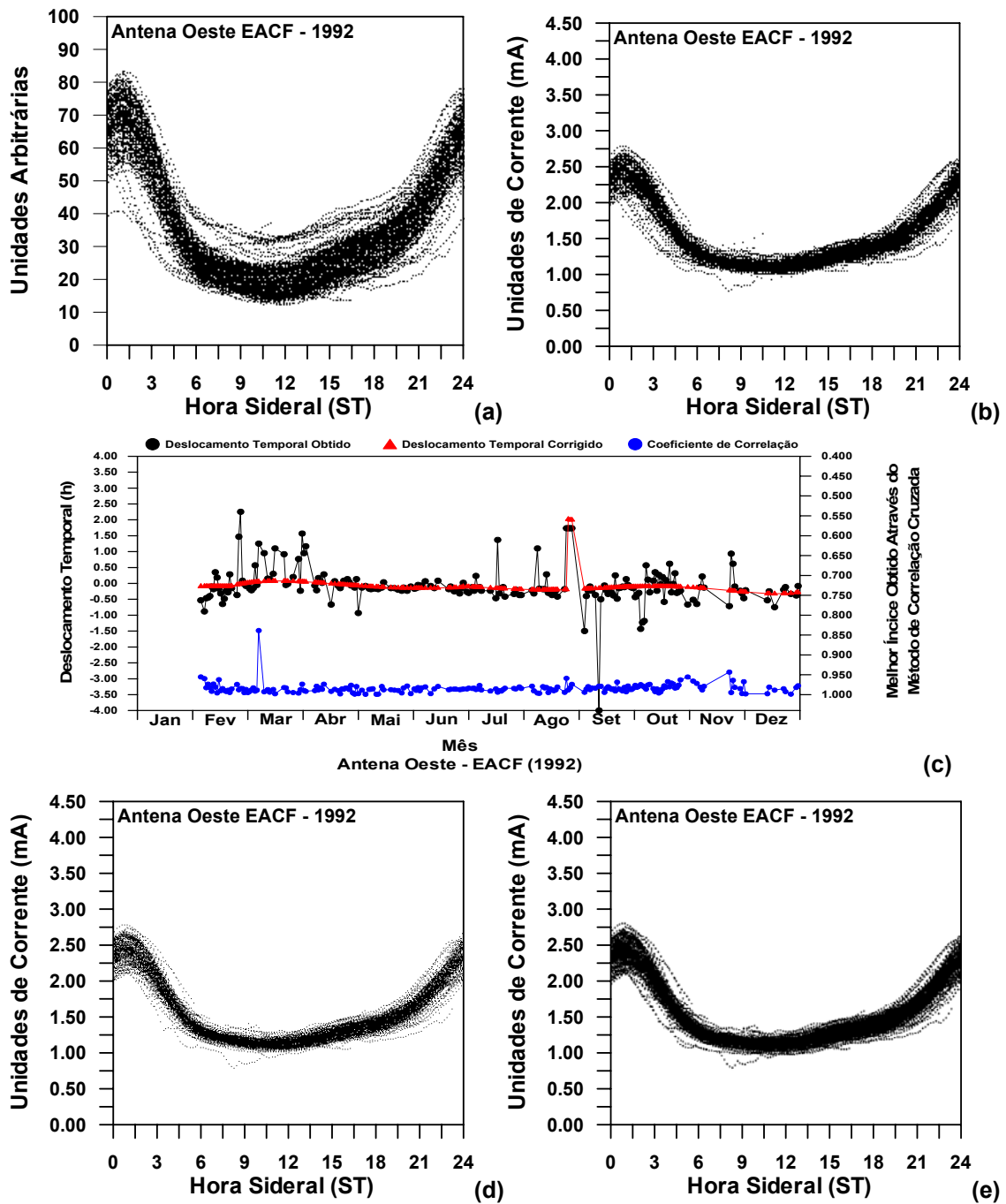


FIGURA B.12 - Dados do riômetro conectado a antena oeste – EACF (1992).

(a) fonte digitalizada; (b) calibrados; (c) índices aplicados a correção da série temporal; (d) série temporal corrigida; e (e) passo de calibração corrigido.

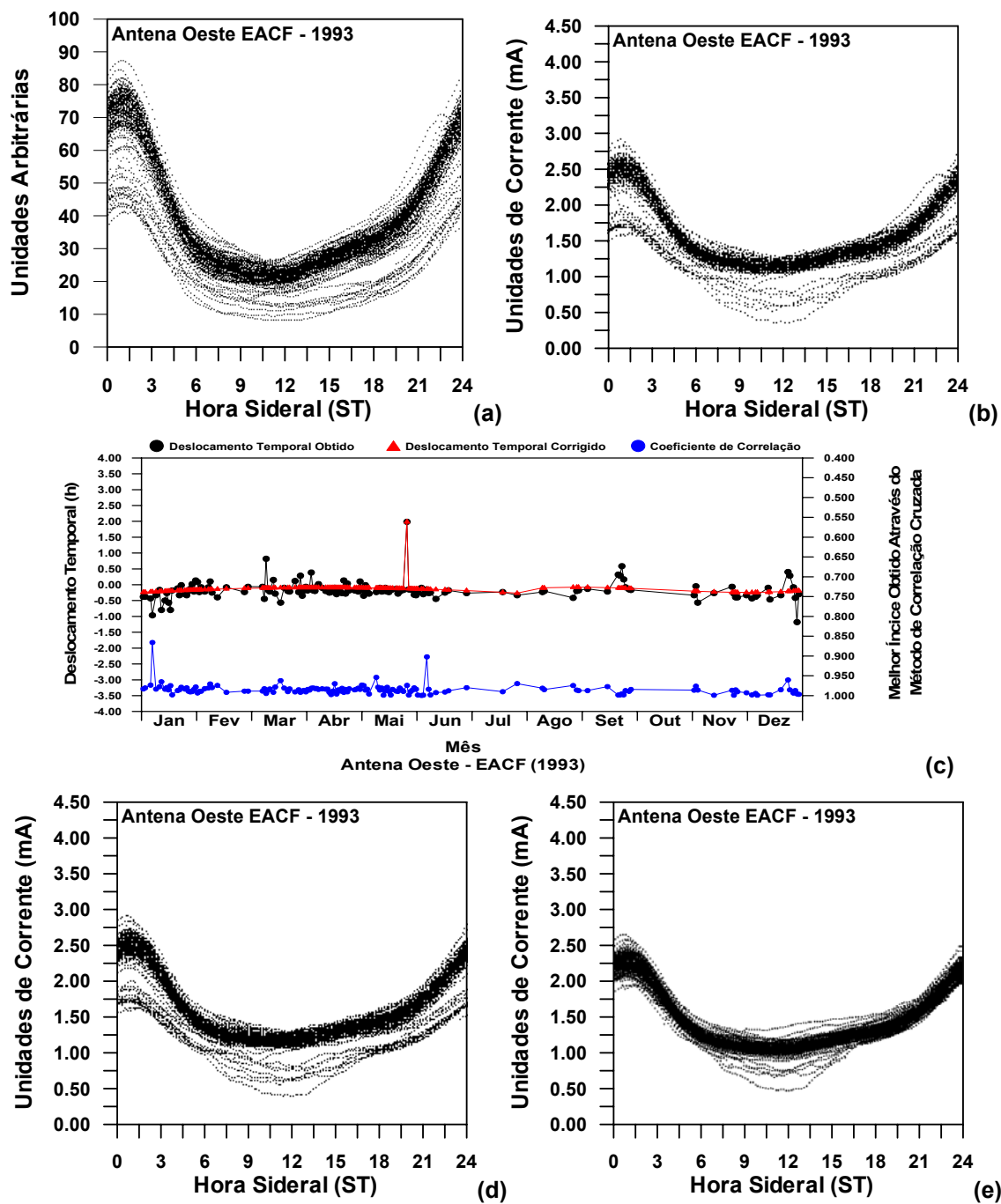


FIGURA B.13 - Dados do riômetro conectado a antena oeste – EACF (1993).
 (a) fonte digitalizada; (b) calibrados; (c) índices aplicados a correção da série temporal; (d) série temporal corrigida; e (e) passo de calibração corrigido.

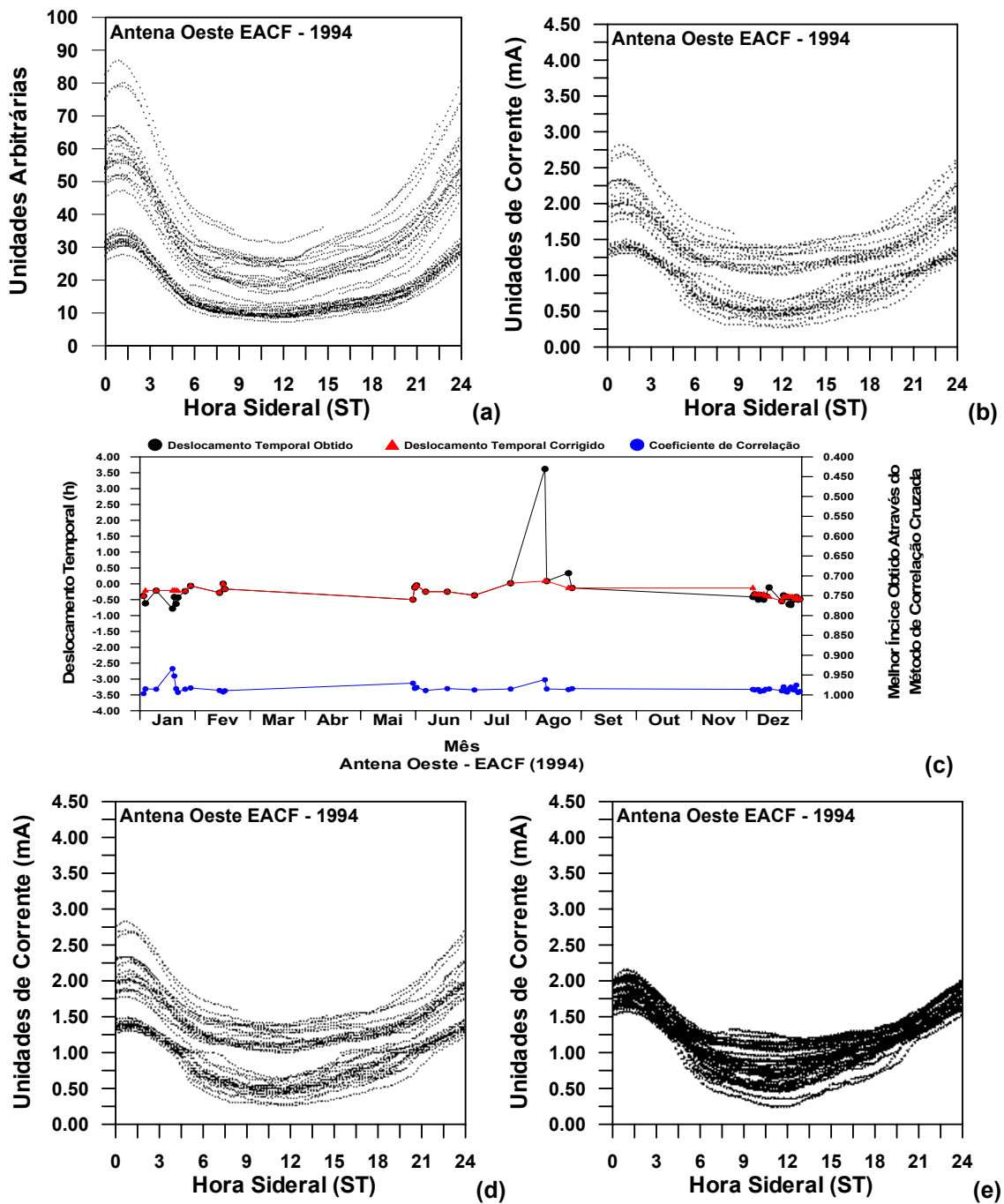


FIGURA B.14 - Dados do riômetro conectado a antena oeste – EACF (1994). (a) fonte digitalizada; (b) calibrados; (c) índices aplicados a correção da série temporal; (d) série temporal corrigida; e (e) passo de calibração corrigido.

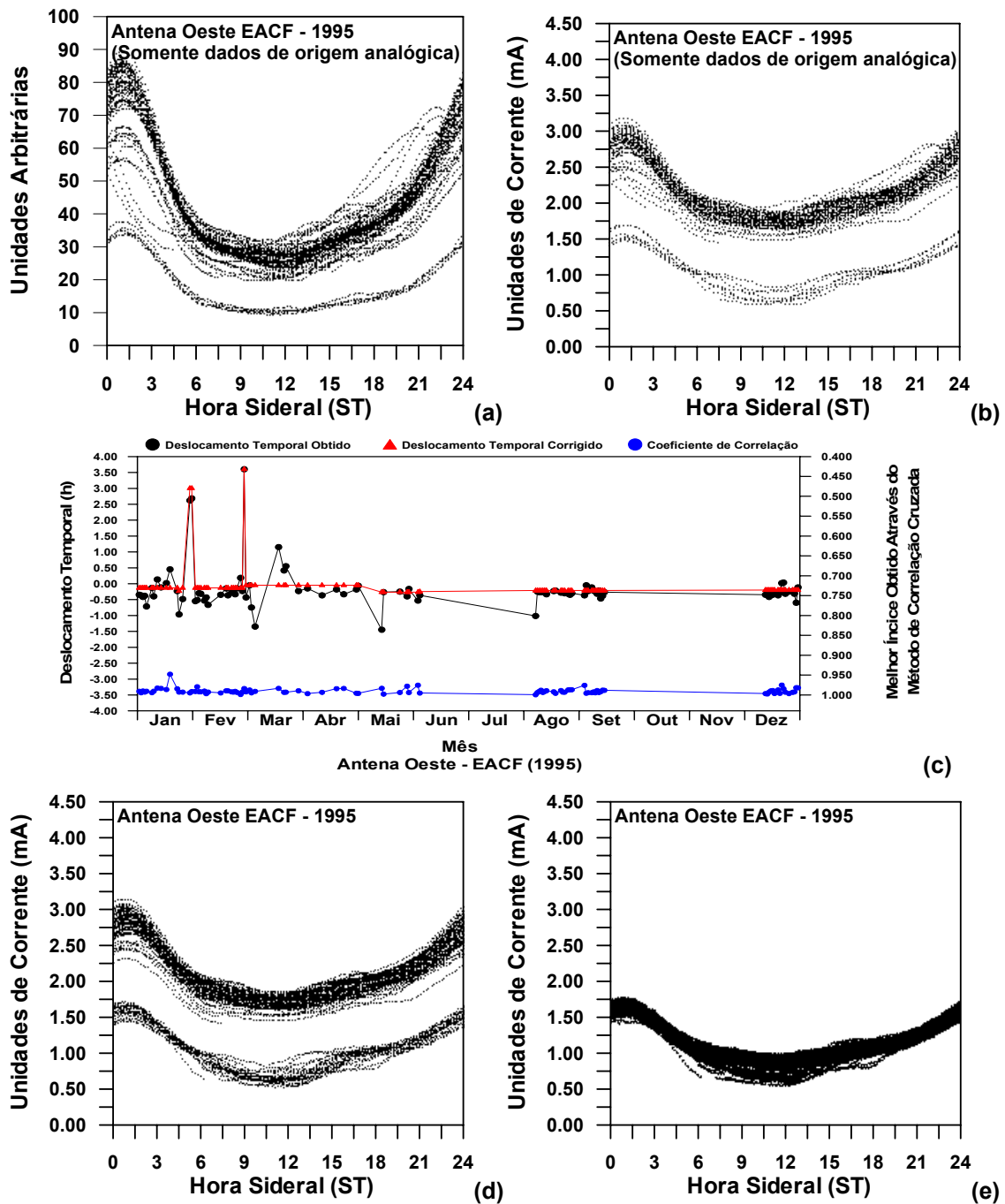


FIGURA B.15 - Dados do riômetro conectado a antena oeste – EACF (1995).
 (a) fonte digitalizada; (b) calibrados; (c) índices aplicados a correção da série temporal; (d) série temporal corrigida; e (e) passo de calibração corrigido.

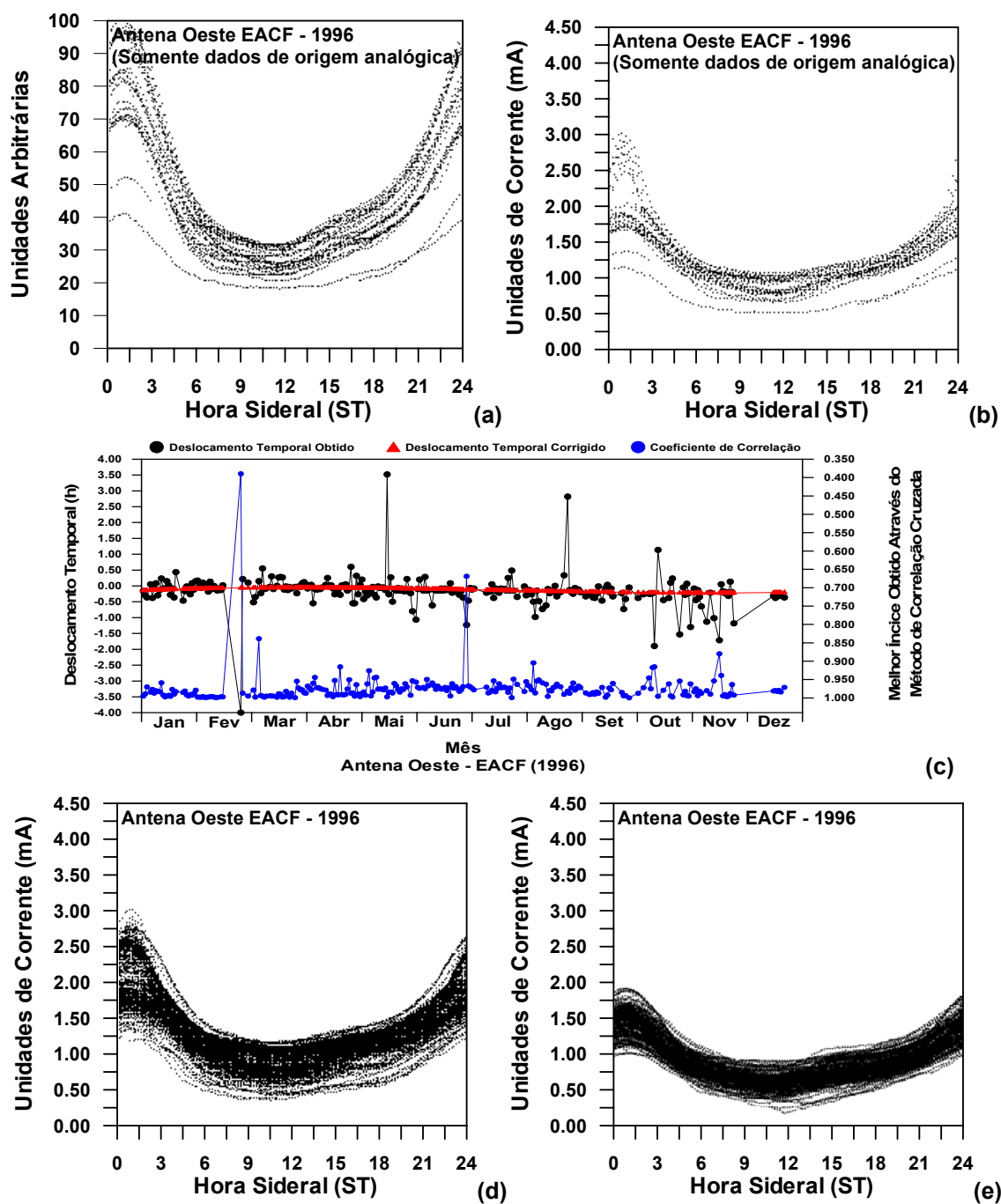


FIGURA B.16 - Dados do riômetro conectado a antena oeste – EACF (1996). (a) fonte digitalizada; (b) calibrados; (c) índices aplicados a correção da série temporal; (d) série temporal corrigida; e (e) passo de calibração corrigido.

B.3 - Resultados dos processos de redução e validação dos dados de riômetro conectado a antena vertical do sítio de Cachoeira Paulista

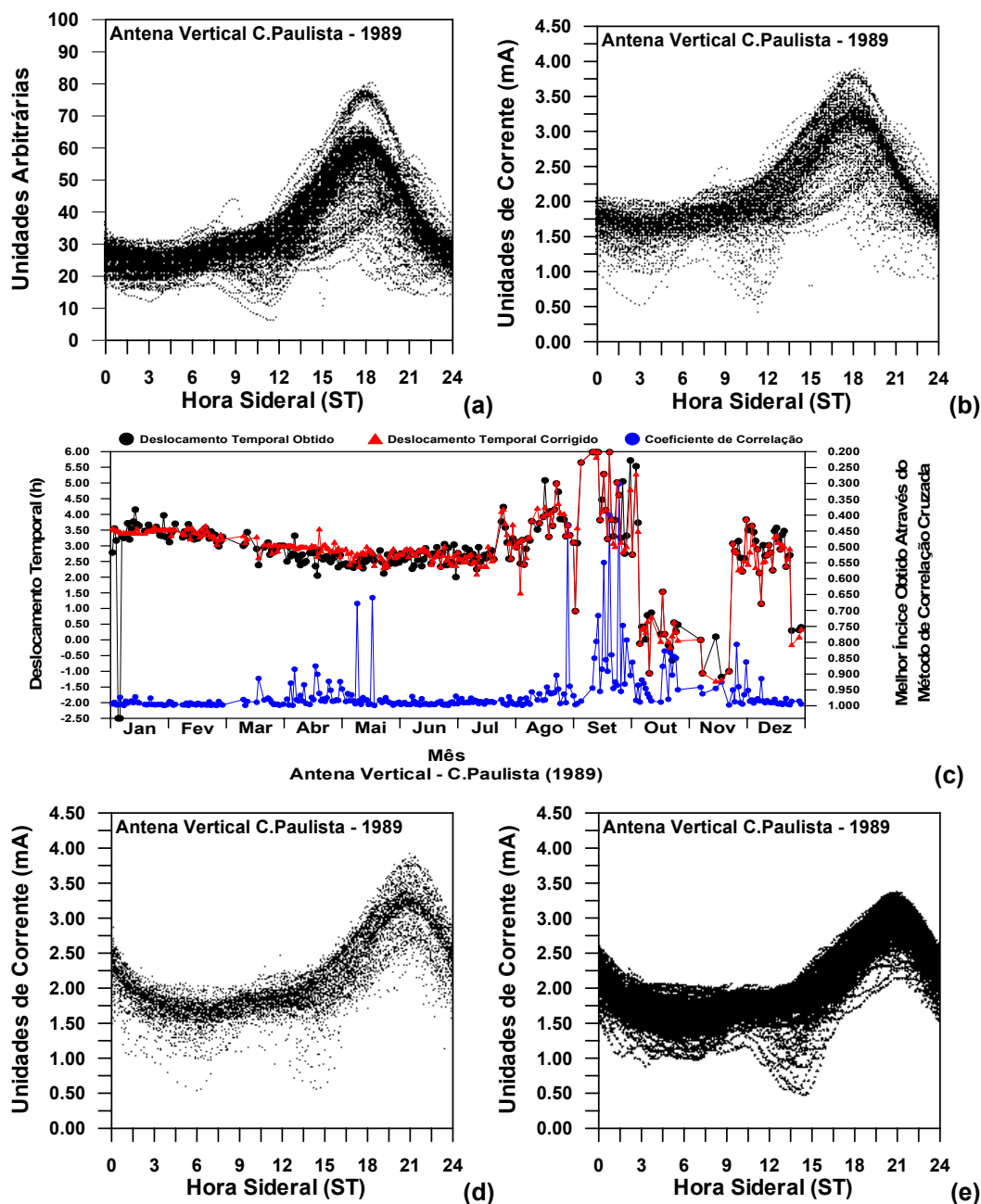


FIGURA B.17 - Dados do riômetro conectado a antena vertical – C.Paulista (1989). (a) fonte digitalizada; (b) calibrados; (c) índices aplicados a correção da série temporal; (d) série temporal corrigida; e (e) passo de calibração corrigido.

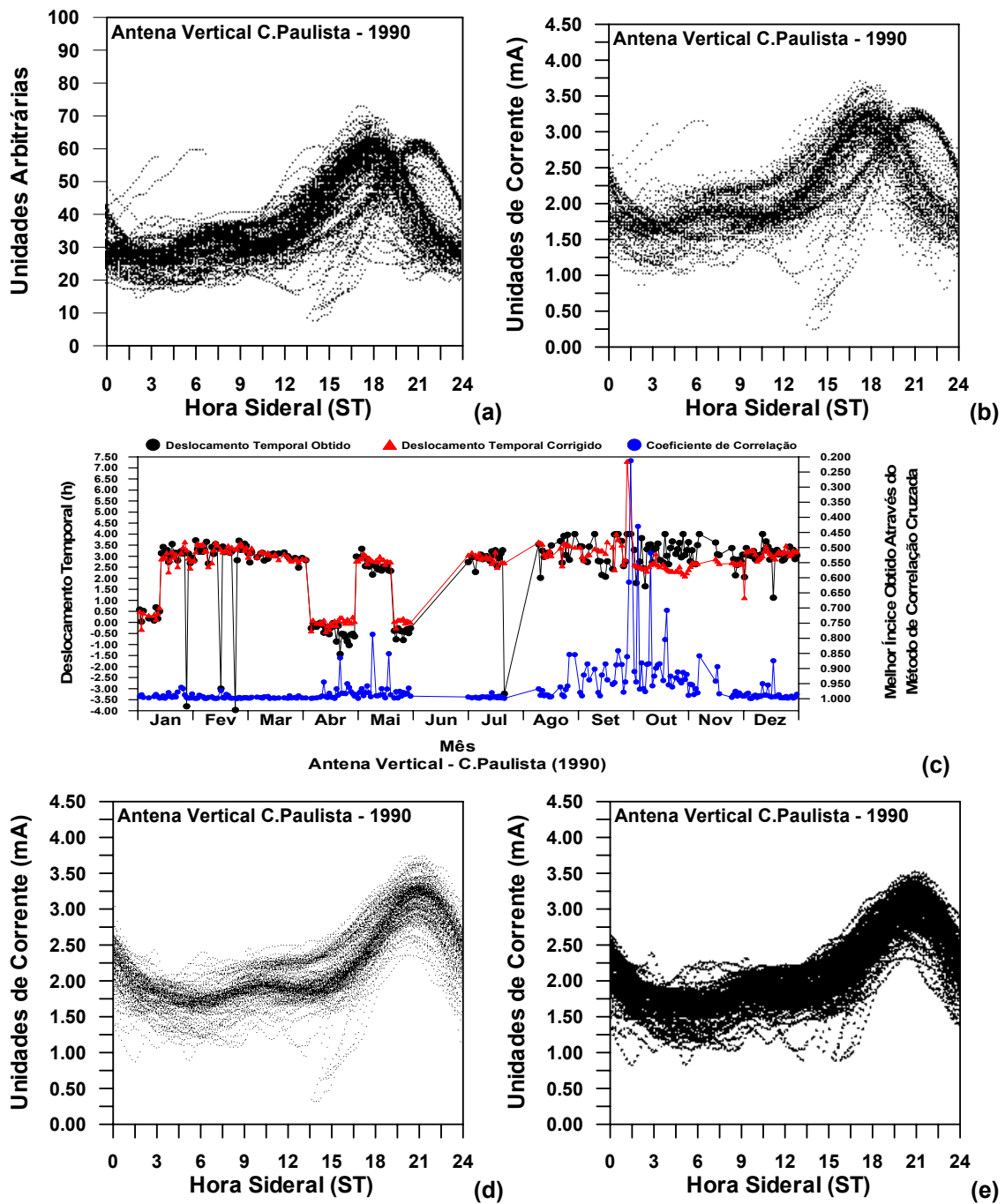


FIGURA B.18 - Dados do riômetro conectado a antena vertical – C.Paulista (1990). (a) fonte digitalizada; (b) calibrados; (c) índices aplicados a correção da série temporal; (d) série temporal corrigida; e (e) passo de calibração corrigido.

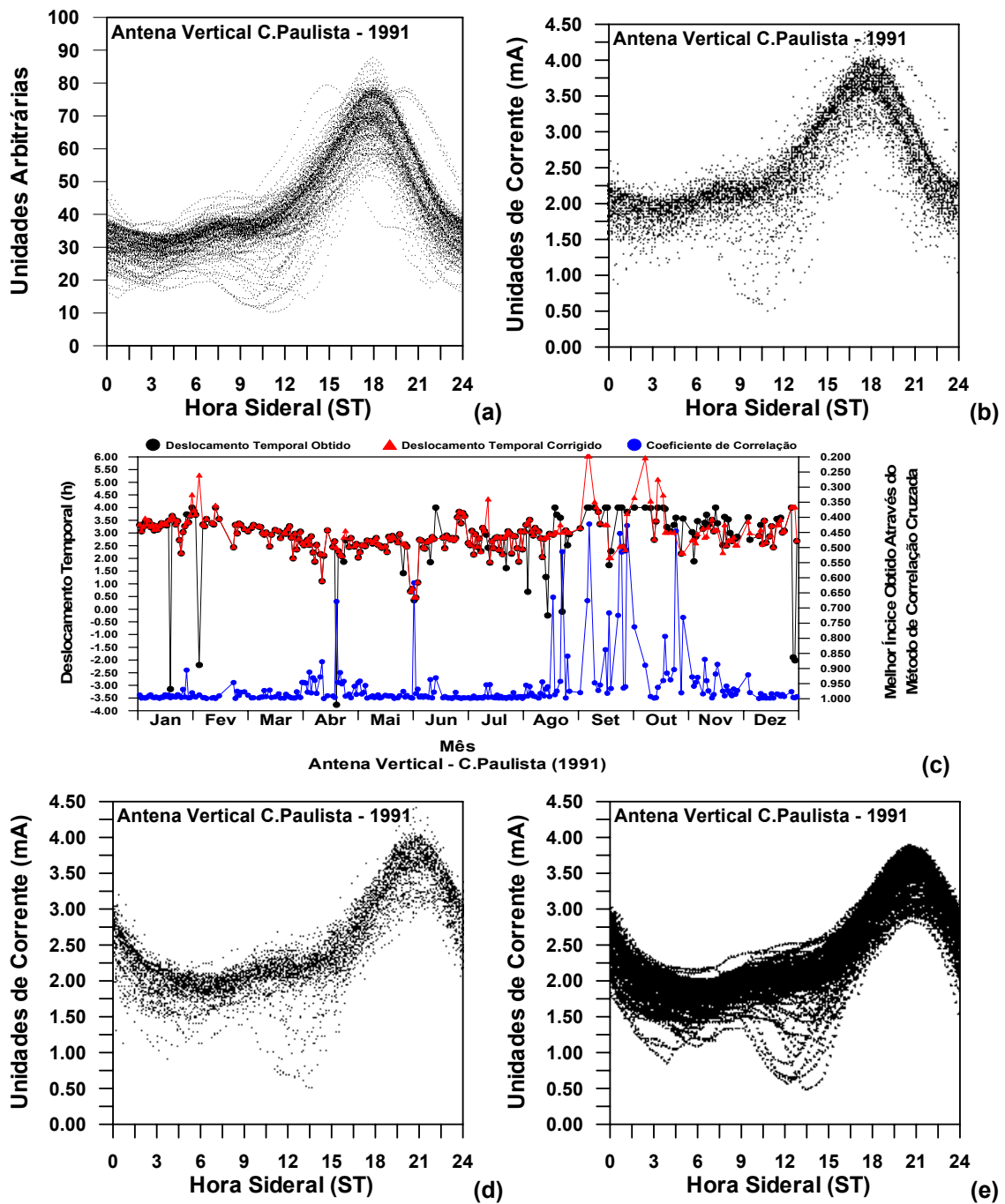


FIGURA B.19 - Dados do riômetro conectado a antena vertical – C.Paulista (1991). (a) fonte digitalizada; (b) calibrados; (c) índices aplicados a correção da série temporal; (d) série temporal corrigida; e (e) passo de calibração corrigido.

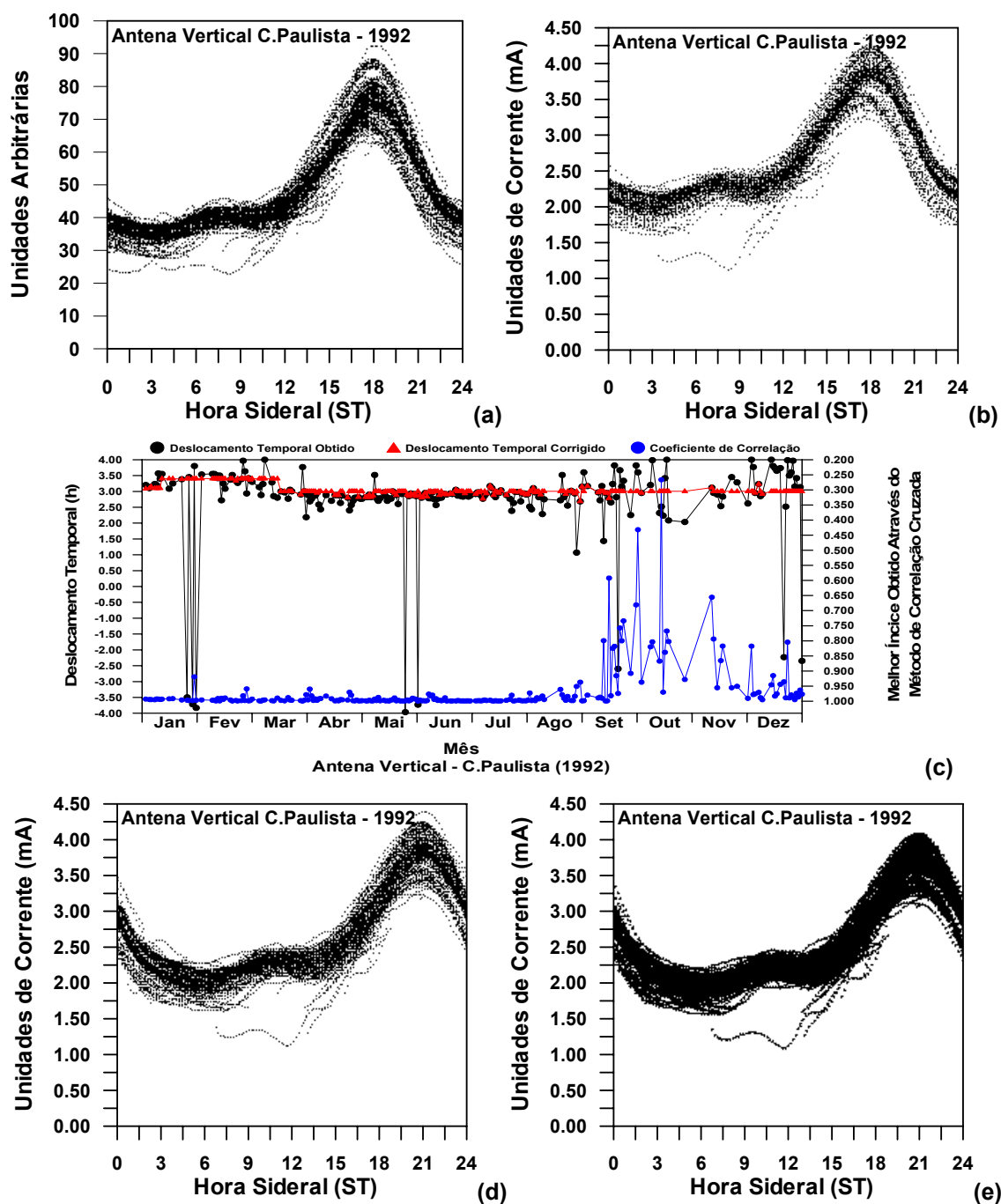


FIGURA B.20 - Dados do riômetro conectado a antena vertical – C.Paulista (1992). (a) fonte digitalizada; (b) calibrados; (c) índices aplicados a correção da série temporal; (d) série temporal corrigida; e (e) passo de calibração corrigido.

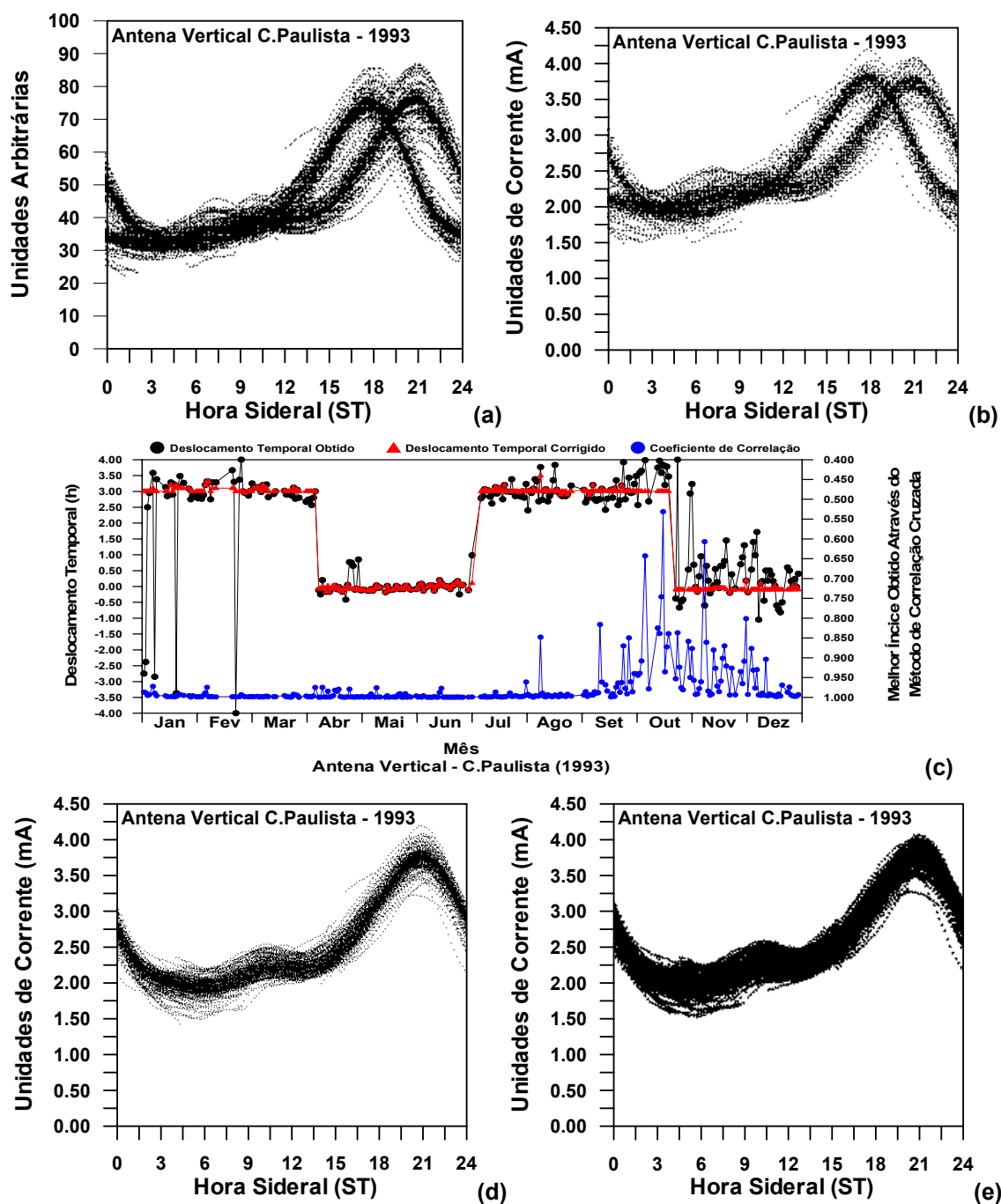


FIGURA B.21 - Dados do riômetro conectado a antena vertical – C.Paulista (1993). (a) fonte digitalizada; (b) calibrados; (c) índices aplicados a correção da série temporal; (d) série temporal corrigida; e (e) passo de calibração corrigido.

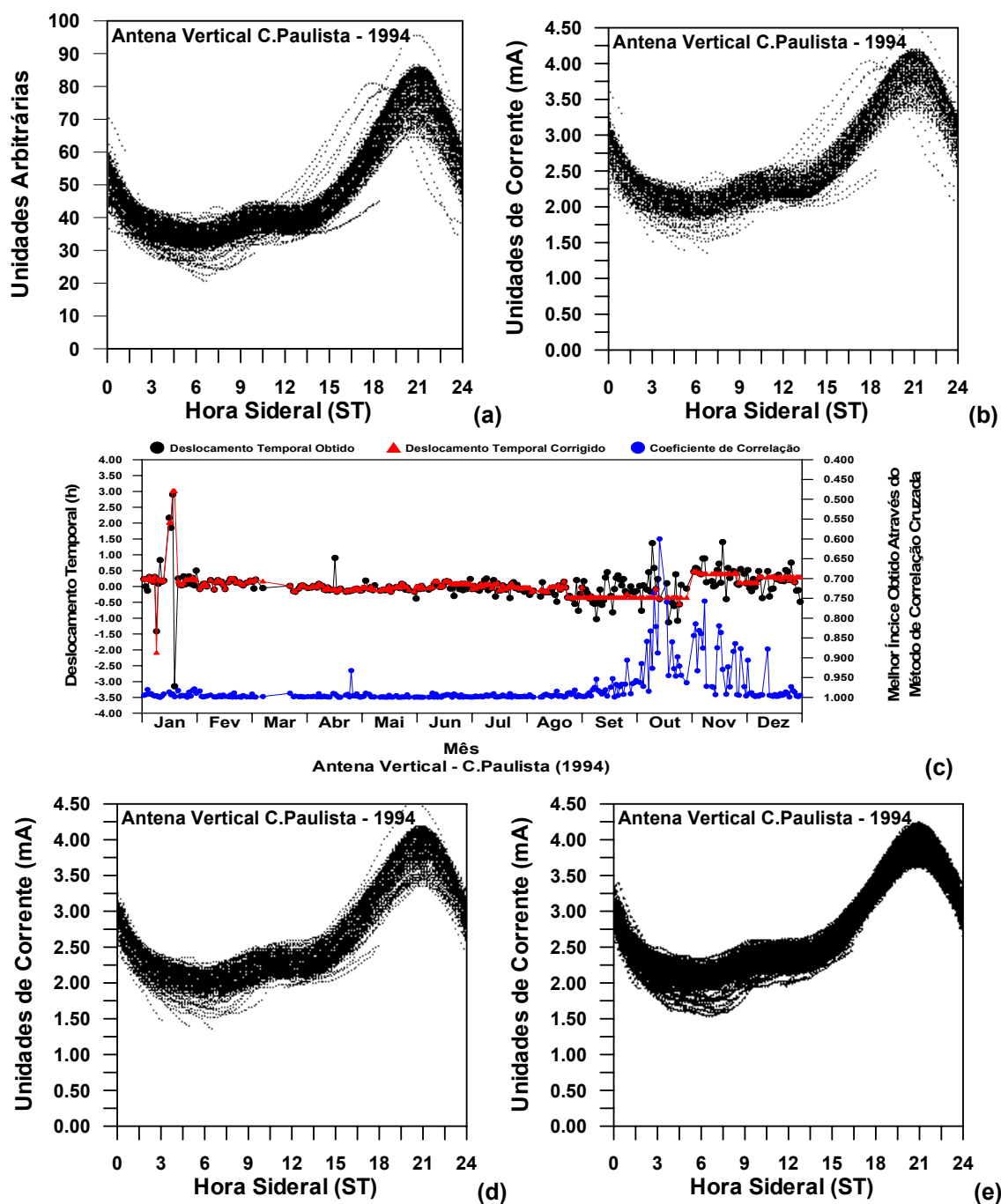


FIGURA B.22 - Dados do riômetro conectado a antena vertical – C.Paulista (1994). (a) fonte digitalizada; (b) calibrados; (c) índices aplicados a correção da série temporal; (d) série temporal corrigida; e (e) passo de calibração corrigido.

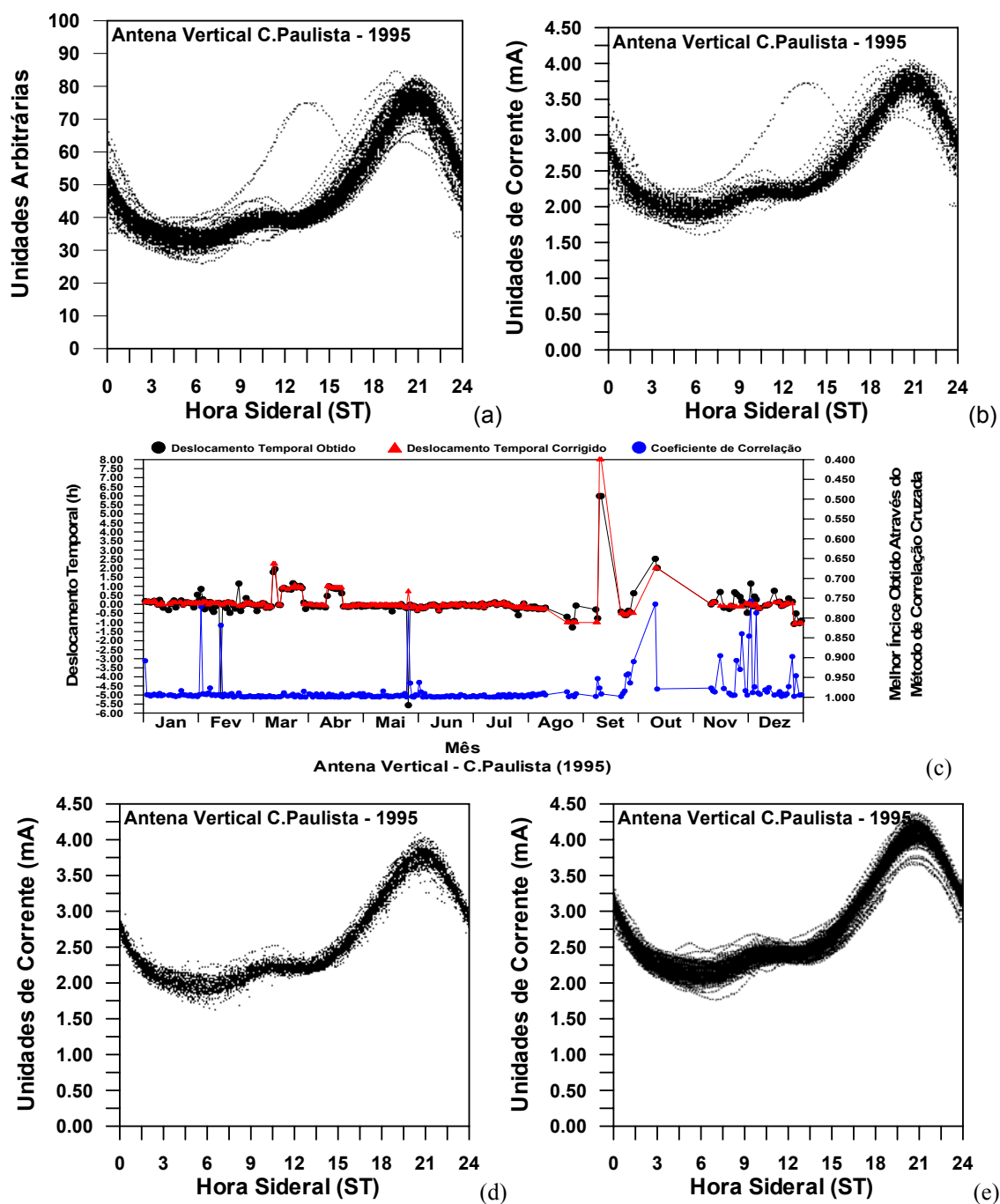


FIGURA B.23 - Dados do riômetro conectado a antena vertical – C. Paulista (1995). (a) fonte digitalizada; (b) calibrados; (c) índices aplicados a correção da série temporal; (d) série temporal corrigida; e (e) passo de calibração corrigido.

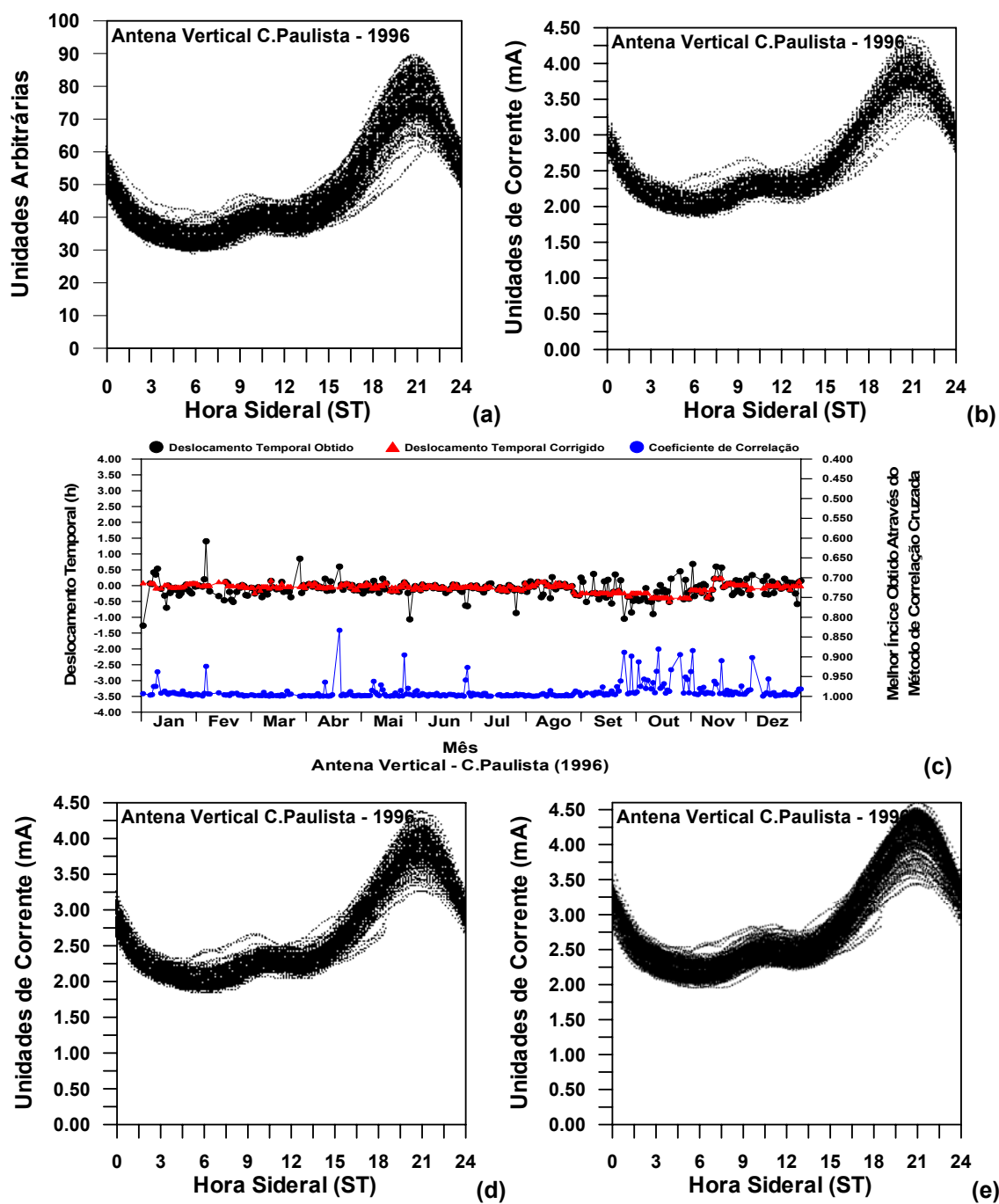


FIGURA B.24 - Dados do riômetro conectado a antena vertical – C.Paulista (1996). (a) fonte digitalizada; (b) calibrados; (c) índices aplicados a correção da série temporal; (d) série temporal corrigida; e (e) passo de calibração corrigido.

B.4 - RESULTADOS DOS PROCESSOS DE REDUÇÃO E VALIDAÇÃO DOS DADOS DE RIÔMETRO CONECTADO A ANTENA VERTICAL DE GASPAR

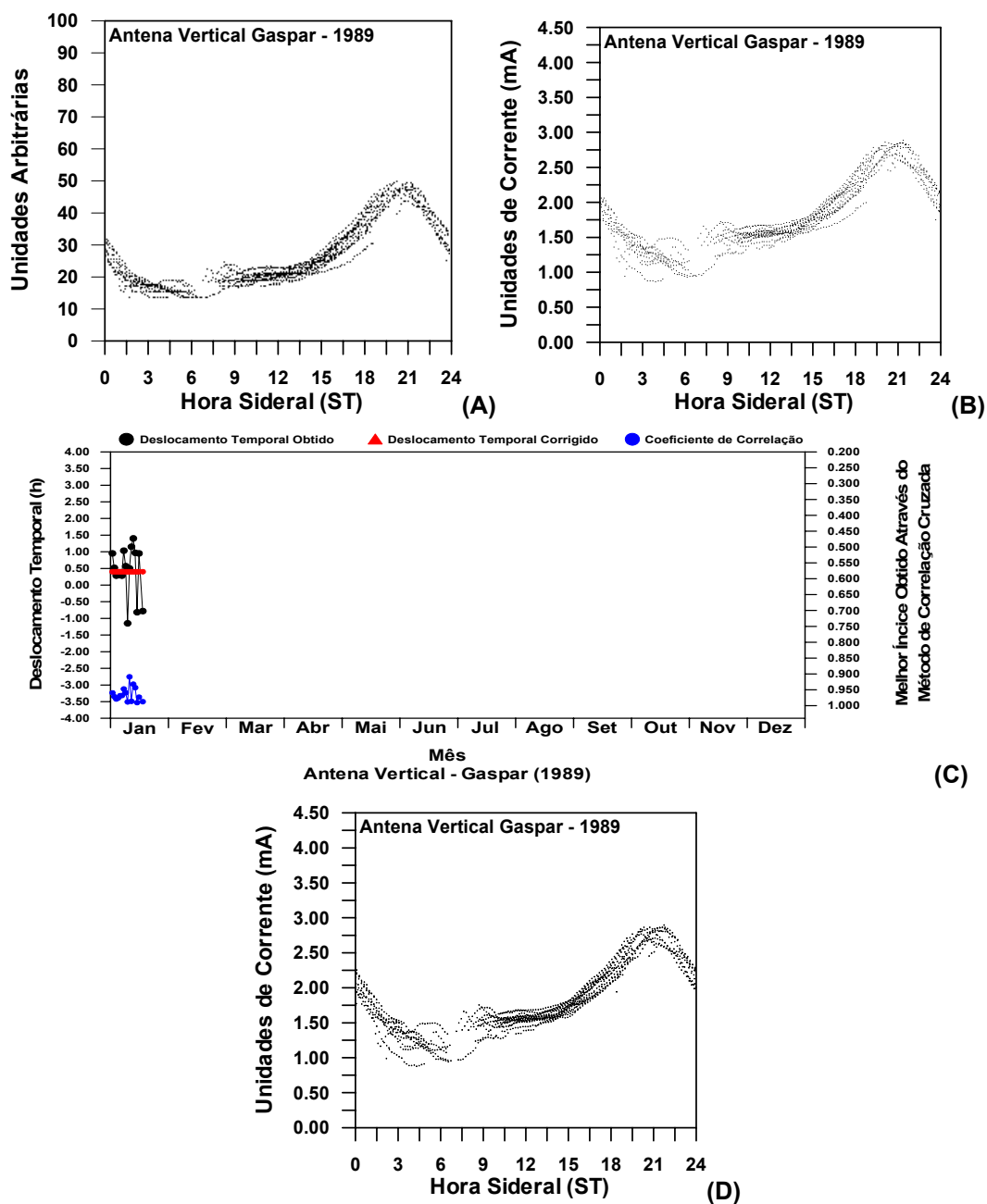


FIGURA B.25 - Dados do riômetro conectado a antena vertical – Gaspar (1989). (A) Fonte digitalizada; (B) calibrados; (C) índices aplicados a correção da série temporal e (D) série temporal corrigida.

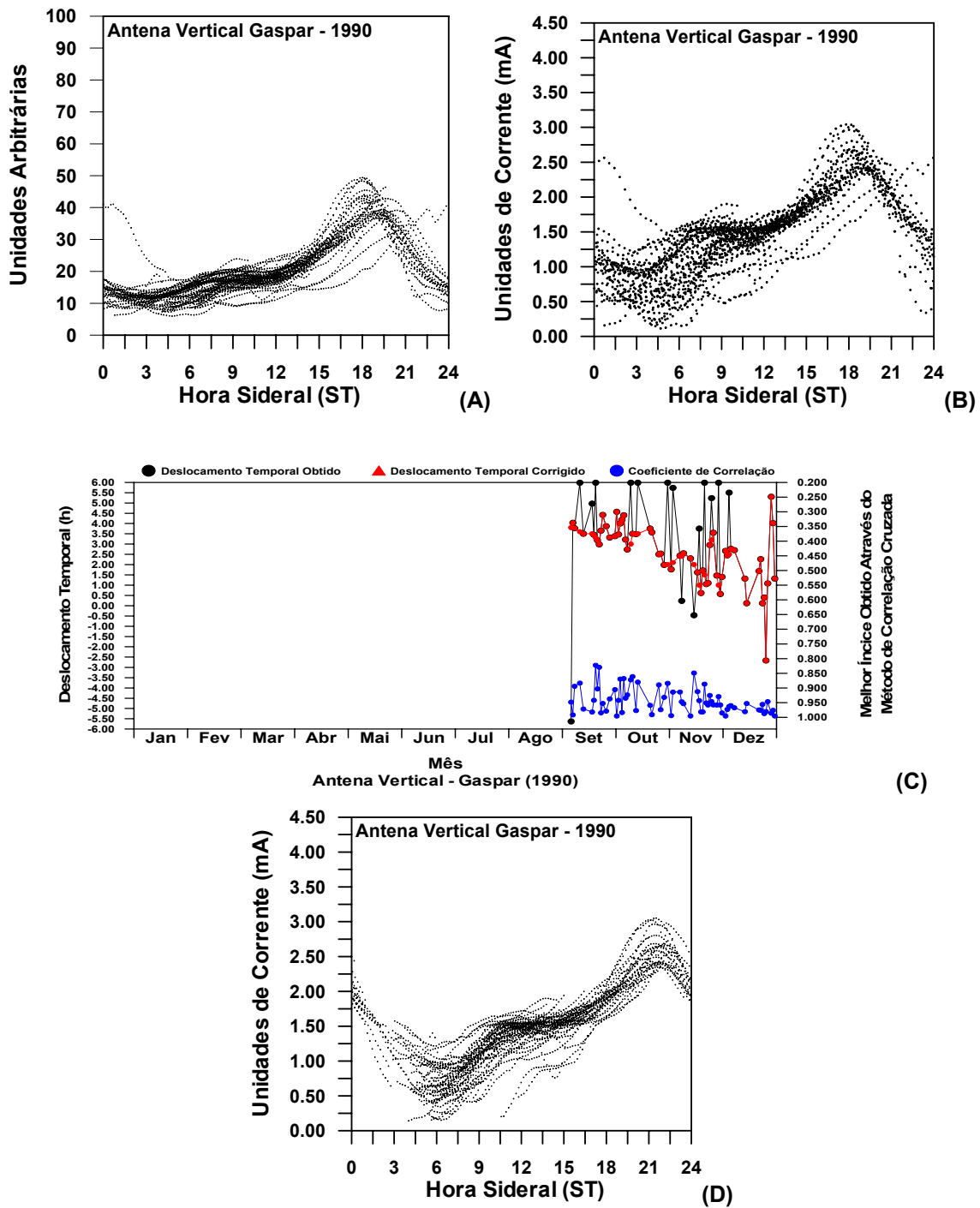


FIGURA B.26 - Dados do riômetro conectado a antena vertical – Gaspar (1990). (A) Fonte digitalizada; (B) calibrados; (C) índices aplicados a correção da série temporal e (D) série temporal corrigida.

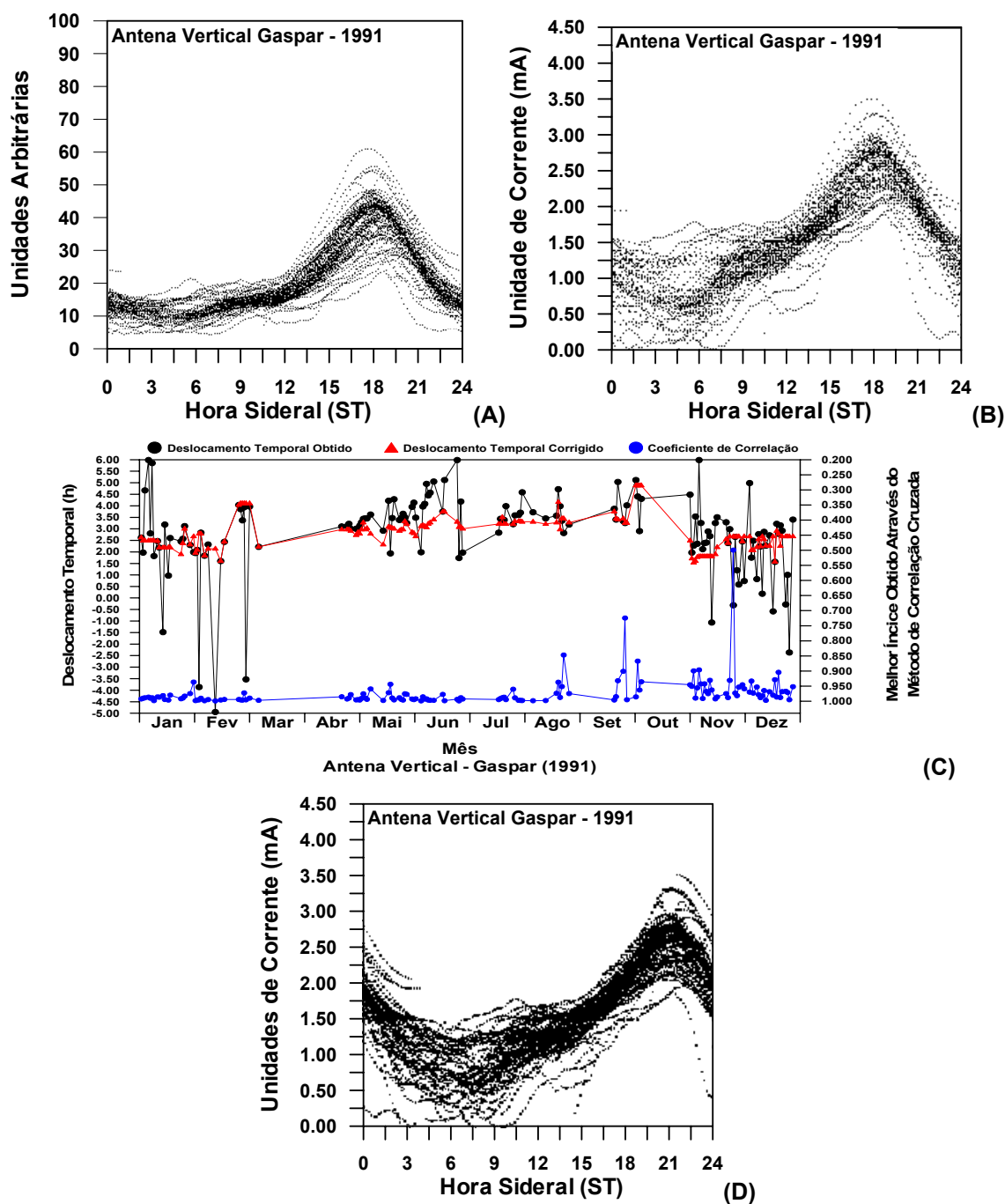


FIGURA B.27 - Dados do riômetro conectado a antena vertical – Gaspar (1991). (A) Fonte digitalizada; (B) calibrados; (C) índices aplicados a correção da série temporal e (D) série temporal corrigida.

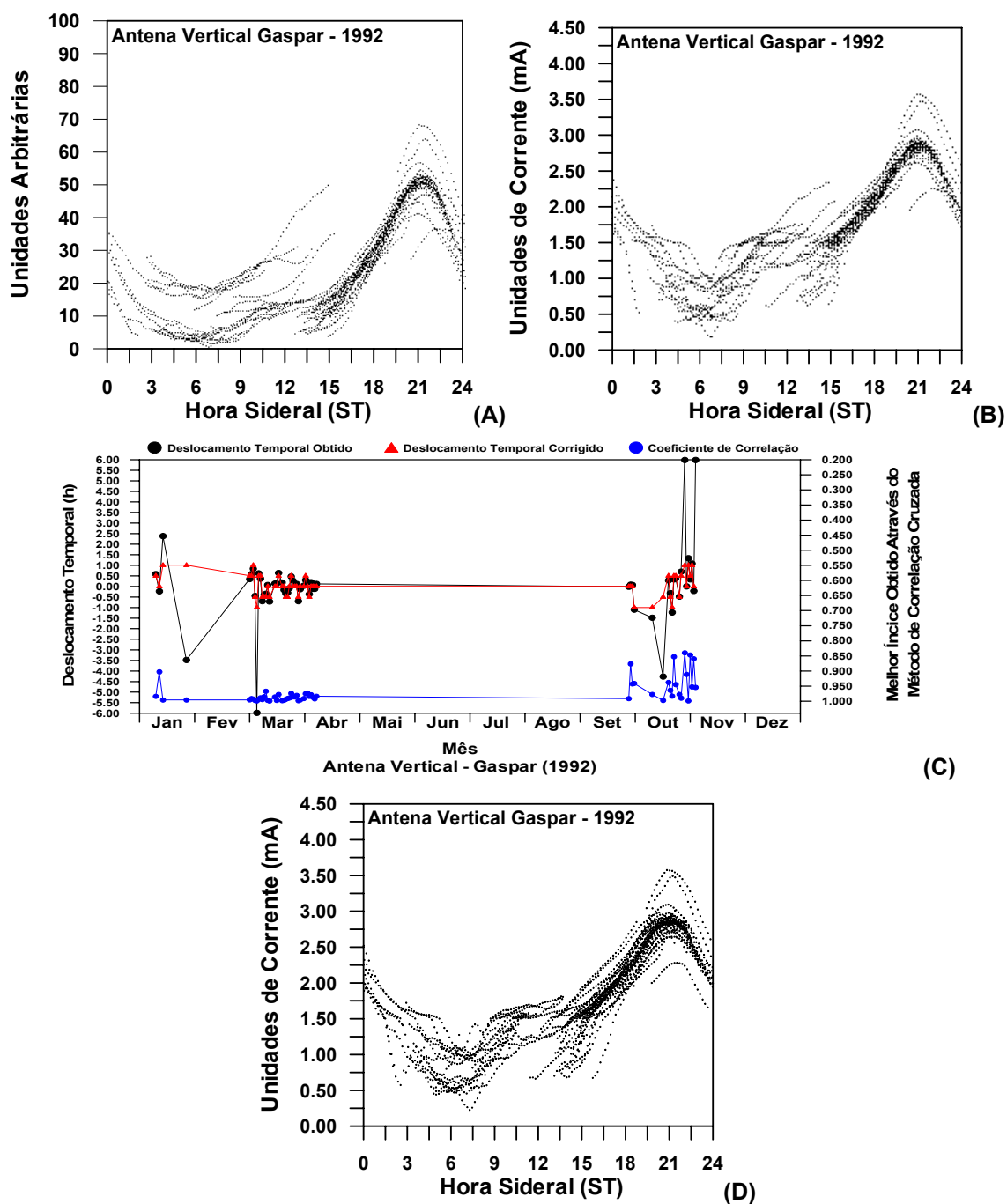


FIGURA B.28 - Dados do riômetro conectado a antena vertical – Gaspar (1992). (A) Fonte digitalizada; (B) calibrados; (C) índices aplicados a correção da série temporal e (D) série temporal corrigida.

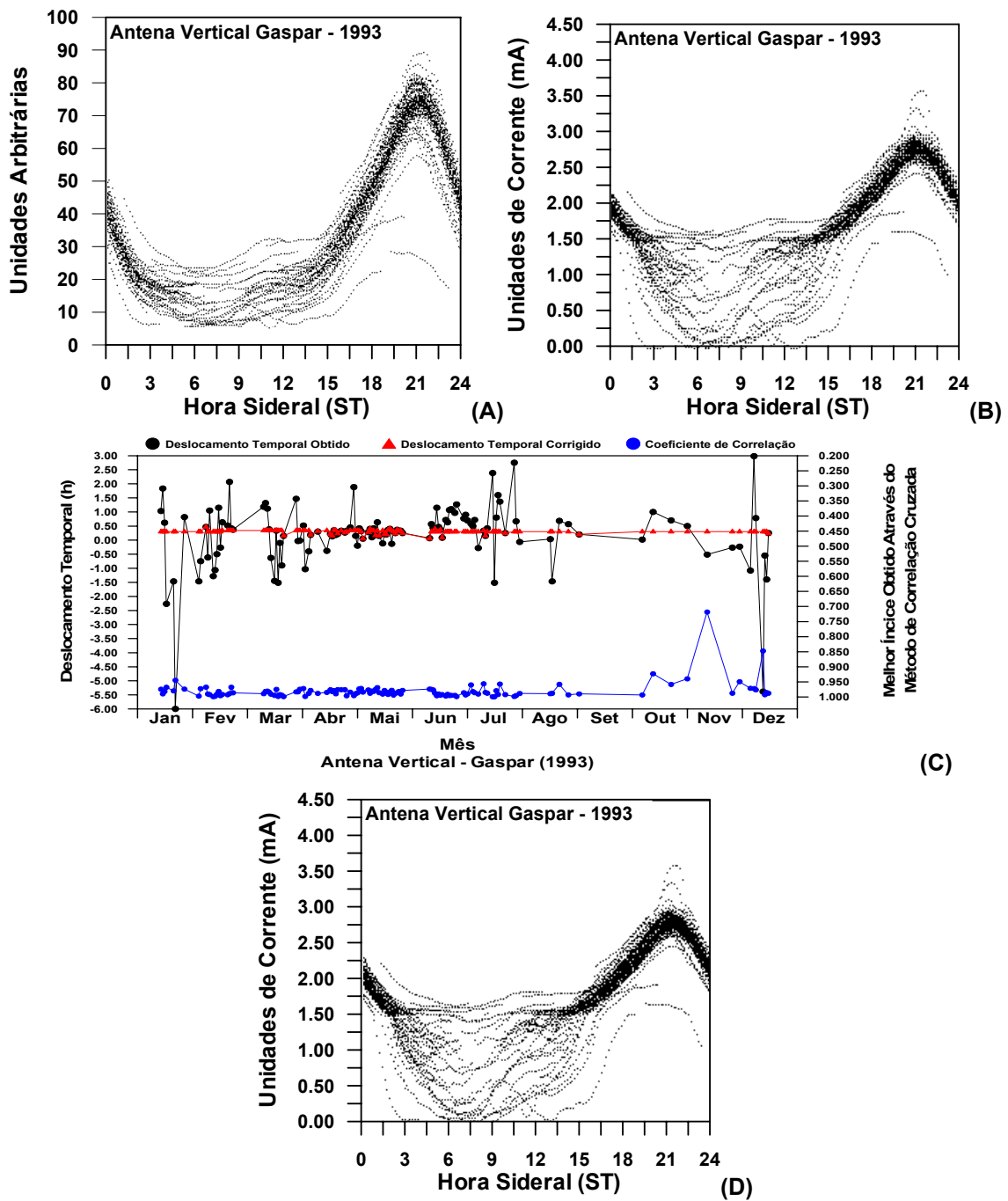


FIGURA B.29 - Dados do riômetro conectado a antena vertical – Gaspar (1993). (A) Fonte digitalizada; (B) calibrados; (C) índices aplicados a correção da série temporal e (D) série temporal corrigida.

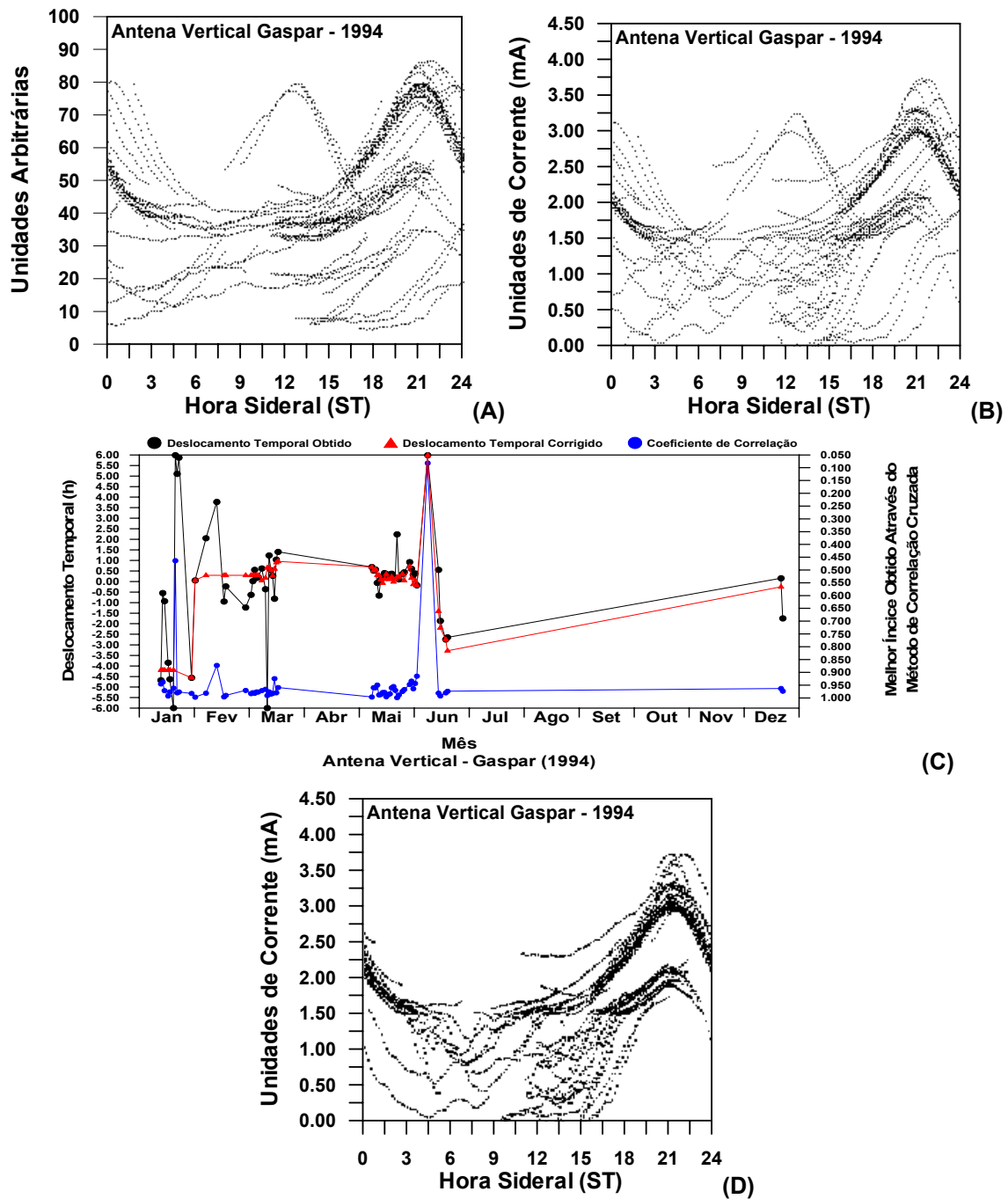


FIGURA B.30 - Dados do riômetro conectado a antena vertical – Gaspar (1994). (A) Fonte digitalizada; (B) calibrados; (C) índices aplicados a correção da série temporal e (D) série temporal corrigida.

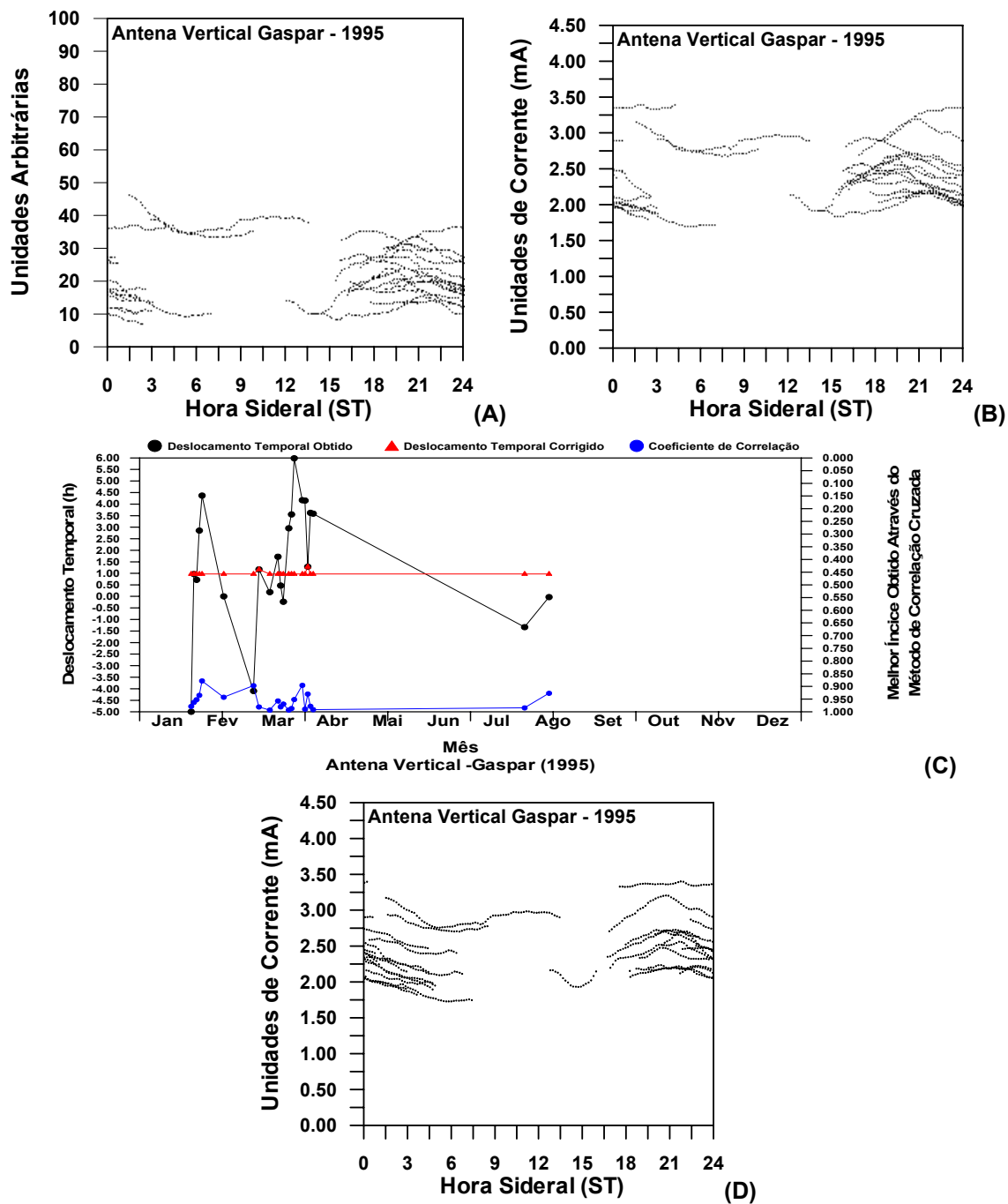


FIGURA B.31 - Dados do riômetro conectado a antena vertical – Gaspar (1995). (A) Fonte digitalizada; (B) calibrados; (C) índices aplicados a correção da série temporal e (D) série temporal corrigida.

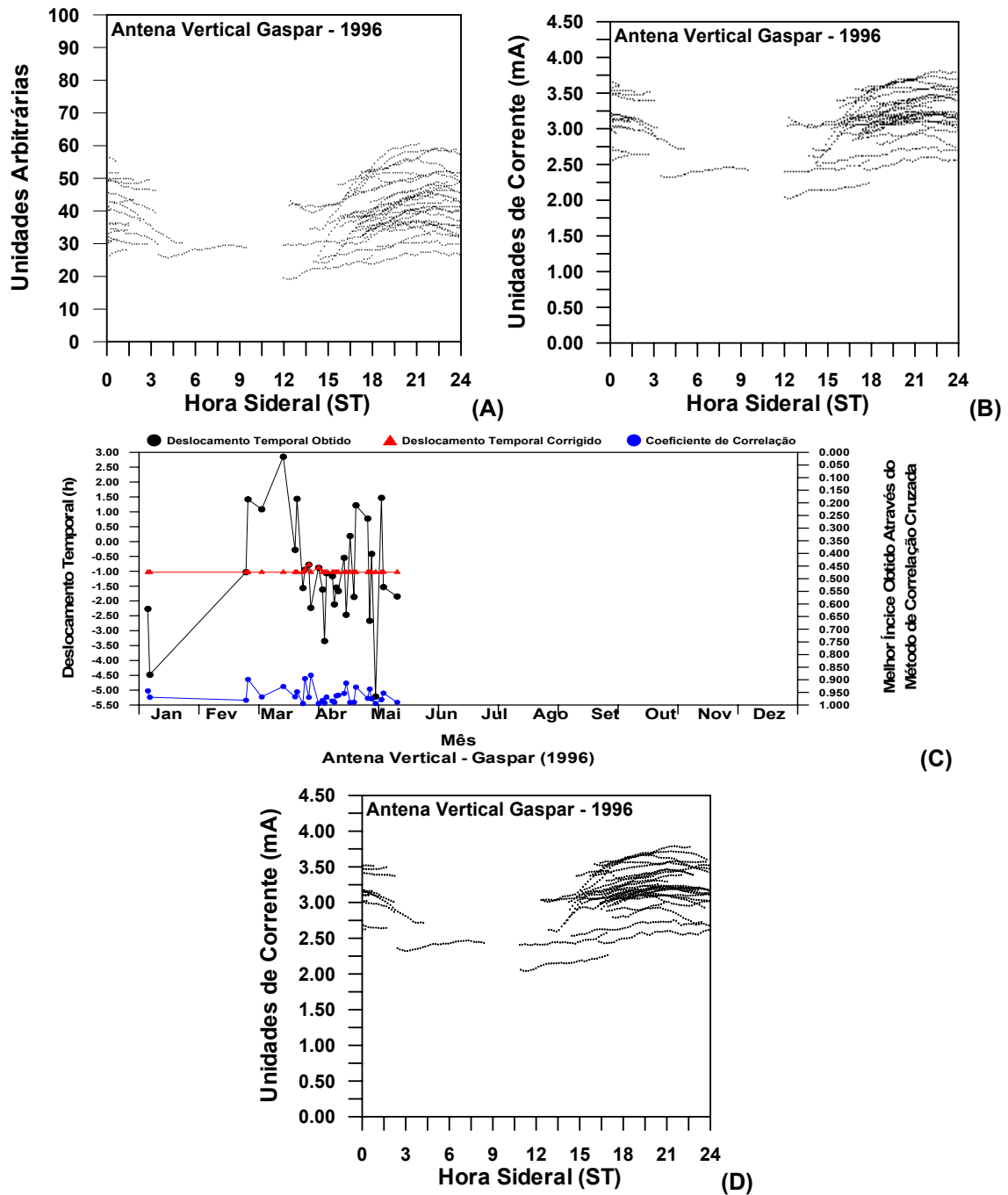


FIGURA B.32 - Dados do riômetro conectado a antena vertical – Gaspar (1996). (A) Fonte digitalizada; (B) calibrados; (C) índices aplicados a correção da série temporal e (D) série temporal corrigida.