



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO  
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETA' INDUSTRIALE  
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

# UIBM

<b>DOMANDA NUMERO</b>	<b>101997900598744</b>
<b>Data Deposito</b>	<b>23/05/1997</b>
<b>Data Pubblicazione</b>	<b>23/08/1997</b>

<b>Sezione</b>	<b>Classe</b>	<b>Sottoclasse</b>	<b>Gruppo</b>	<b>Sottogruppo</b>
A	61	B		

Titolo

SISTEMA PER LA VALUTAZIONE BIOMECCANICA DELLA DEAMBULAZIONE, E DEL MOVIMENTO IN GENERALE, BASATO SULLA MISURA DELLE TRE VELOCITA' E DELLE TRE ACCELERAZIONI LINEARI DEL BACINO

## TESTO DELLA DESCRIZIONE

Descrizione della invenzione avente per titolo: "Sistema per la valutazione biomeccanica della deambulazione, e del movimento in generale, basato sulla misura delle tre velocita' angolari e delle tre accelerazioni lineari del bacino", della ditta Cignetti Alessandro, vicolo del Borghetto, 20 00187 Roma e della ditta Andrea Pace, via Tommaso Salvini 23 00197 Roma.

La presente invenzione riguarda la valutazione biomeccanica della deambulazione e di alcuni gesti tecnico-sportivi; in genere la misura viene effettuata sul bacino del soggetto in esame, in alcuni casi sono state analizzate altre parti del corpo o parti meccaniche per i gesti sportivi; in ogni caso sono state effettuate le medesime elaborazioni dei dati.

Lo stato della tecnica anteriore alla presente invenzione e' costituito dall'utilizzo di sistemi ottici computerizzati; questi sono costituiti da due o piu' telecamere che permettono di ricostruire con una buona precisione la posizione istantanea (per ogni fotogramma) di ogni punto di riferimento opportunamente evidenziato (punti di repere); in questo modo si riesce a ricostruire il movimento in modo tale da poterlo visualizzare sul monitor da qualunque angolo di visuale desiderato; l'errore fondamentale connesso a questo sistema di misura e' dovuto al fatto che i punti di repere sono sempre presi sulla superficie del corpo, mentre teoricamente dovrebbero essere presi al centro delle articolazioni scheletriche (cosa ovviamente impossibile); quando tali sistemi vengono utilizzati per calcolare la velocita' gli errori diventano grossi (ad es. un errore di un millimetro per il calcolo della velocita' effettuato con una ripresa di 50 fotogrammi al secondo diventa di 50 millimetri/secondo e riportato al calcolo della accelerazione diventa di  $2.5 \text{ metri}/(\text{secondo})^2$ ; praticamente un quarto della accelerazione di gravita': questo vuol dire che sul segnale calcolato della accelerazione verticale di un soggetto fermo, quando viene commesso un errore di un millimetro sullo spostamento verticale si stima una variazione della forza verticale applicata pari ad un quarto del peso del corpo!). I sistemi con telecamere sono sistemi tipici da laboratorio e richiedono un sistema di taratura talvolta molto sofisticato; tuttavia esiste la possibilita' per i "test da campo" di utilizzare due normali telecamere disposte in modo opportunamente angolato per ricostruire il movimento in due dimensioni (dopo aver trasferito le immagini su un computer).

*Cignetti Alessandro*

*Andrea Pace*

Gli obiettivi che l'innovazione intende raggiungere sono molteplici, tra questi il piu' importante e' la liberta' e la praticita' di utilizzo; un altro obiettivo importante per l'innovazione e' quello di visualizzare in tempo reale le velocita' e le accelerazioni misurate direttamente (con precisione); inoltre si ritiene importante l'ottenimento di segnali acustici e visivi in tempo reale da utilizzare come elementi di controllo per migliorare e/o prendere coscienza del movimento. Per fare cio' ci si limita a studiare il movimento del bacino che, per come e' fatto il corpo umano, risente di tutti i collegamenti fisiologici con il resto del corpo; i sensori utilizzati, illustrati nel seguito, sono in grado di misurare le vibrazioni di ampiezza e frequenza tali che spesso anche molti esperti del movimento non riescono a percepire ad occhio nudo (ad esempio e' il caso delle asimmetrie tra passo destro e sinistro). In altri casi si vede ad occhio un movimento a scatto non meglio quantificabile, mentre i dati mostrano differenze, tra passo destro e sinistro, di accelerazione angolare molto spesso superiori al 50%.

L'obiettivo raggiunto dalla presente invenzione e' quello di avere i dati completi relativamente al solo moto del bacino senza avere le limitazioni imposte dal campo visivo delle telecamere, e quindi con la possibilita' di effettuare il movimento su qualunque terreno. Per ottenere tale obiettivo e' sufficiente misurare le tre accelerazioni ortogonali (con sensori accelerometrici) e le tre velocita' angolari ortogonali (con sensori della accelerazione di Coriolis che e' proporzionale alla sola velocita' angolare) del bacino.

I sei sensori, sono collegati ad una cintura da stringere intorno al bacino in modo tale da conservare comunque la verticalita' rispetto all'orizzonte, e ad un sistema di acquisizione dati (punto 7 di figura 1), attaccato ad un giubbotto indossato dal soggetto in esame, in grado di digitalizzarli, analizzarli e trasmetterli ad un computer in tre modalita' diverse: in diretta mediante un cavo, in telemetria mediante modem e sistema di comunicazione a radiofrequenza, o in differita mediante un cavo dopo la memorizzazione ottenuta mediante un pulsante per l'inizio e la fine della registrazione.

*Coperto Alessandro*

*Andrea Peci*

Con la presente invenzione si ottengono i seguenti risultati:

- Il test puo' essere effettuato in diverse condizioni sperimentali senza dover effettuare alcuna taratura o accorgimento particolare: ad esempio e' possibile effettuare un test salendo o scendendo una rampa di scale, camminando in uno studio medico o sul marciapiede, sulla sabbia o parzialmente immersi nell'acqua.

- Con la misura diretta delle velocita' e delle accelerazioni non si ha l'errore di calcolo visto sopra (si moltiplica l'errore di misura della posizione per il numero di campionamenti - o fotogrammi - al secondo - tipicamente 50 - ottenendo un errore moltiplicato per 50 per il calcolo della velocita' e di 2500 per il calcolo della accelerazione). La misura diretta dei segnali da analizzare permette di poter effettuare in tempo reale alcune compensazioni (ad esempio in laboratorio su nastro trasportatore);

- In base alle misure effettuate si puo' ottenere in tempo reale un segnale acustico (di frequenza proporzionale ad uno a scelta dei segnali acquisiti) e la visualizzazione su due piani (frontale e dall'alto) del moto stilizzato del bacino per effettuare alcuni test sfruttando il feedback sensoriale del paziente stesso.

I test, effettuati con alcuni prototipi, per una messa a punto del sistema da brevettare, sono stati effettuati nelle piu' diverse situazioni ambientali (dallo studio medico alla pista di atletica leggera) e nei piu' diversi casi da valutare (dal paziente con patologie alla colonna vertebrale all'atleta in preparazione olimpica) direttamente dagli autori del presente brevetto.

I dati che vengono riportati nelle figure seguenti (fig.2 e fig.3) sono indirizzati ad una applicazione specifica: la valutazione dinamica della deambulazione prima e dopo l'applicazione di un rimedio atto ad equilibrare e migliorare le capacita' motorie del soggetto in esame (figure 2 e 3).

In figura 1 viene visualizzato il sistema di acquisizione (7) e vengono stilizzate le grandezze misurate [per precisione, in parentesi quadre, si da' il nome dell'equivalente moto in termini nautici]: (1) O-Vert. - velocita' angolare verticale [rollio]; (2) O-Oriz. - velocita' angolare orizzontale [imbardata]; (3) A-Vert. - accelerazione lineare verticale [sussulto]; (4) A-Oriz. - accelerazione lineare orizzontale [abbrivio]; (5) O-Z - velocita' angolare Z [beccheggio]; (6) A-Later - accelerazione lineare laterale [deriva].

*Cignetti Alessandro*

*Andrea Per*

In figura 2 viene visualizzato il tracciato dei seguenti segnali acquisiti: 1(O-Vert.),2(O-Oriz.),3(A-Vert.) e 4(A-Oriz.), in due test, archiviati come numeri 8 e 66, relativi ad uno stesso soggetto; i segnali 1 e 2 sono rappresentati in gradi/secondo mentre i segnali 3 (positivo verso l'alto) e 4 (positivo in avanti) sono stati graficati in centesimi di G ( $G=9.81m/s^2$ ), dove G e' pari alla accelerazione di gravita' (in pratica, quando il segnale n.3-rosso raggiunge il valore pari a 40 vuol dire che il bacino e' soggetto ad una accelerazione verso l'alto pari a 0.4 volte l'accelerazione di gravita' (da aggiungere al valore di riposo pari a 1!); questo valore indica che il carico sulla gamba (una sola all'inizio del passo) e' pari a 1.4 volte il peso corporeo. Il segnale 1 (Omega-Verticale) e' positivo quando la parte sinistra del bacino si alza rispetto alla destra, tipicamente durante il passo sinistro; il segnale 2 (Omega-Orizzontale) e' positivo quando il bacino ruota in senso antiorario, cioe' quando la parte sinistra del bacino arretra e quella destra avanza, anche questo avviene tipicamente durante il passo sinistro ma puo' avvenire in anticipo o in ritardo rispetto al relativo movimento verticale (O-Vert.).

In figura 3 viene data una rappresentazione grafica e numerica di alcuni parametri ricavati dai dati relativi ai due test di cui in fig.2 (in archivio n. 8 e 66) e riportati in modo grafico per evidenziare differenze tra valori calcolati sulla media dei passi, sinistro e destro, e sulla congruita' dei valori dei segnali verticali ed orizzontali. Per ogni grandezza misurata e calcolata e' stato visualizzato il valore medio del valore massimo e minimo ottenuto per ogni passo (discriminando il passo destro e sinistro); nell'ordine, dall'esterno all'interno del cerchio, abbiamo:

l'accelerazione lineare (celeste), l'accelerazione angolare (rosso), la velocita' angolare (blu), l'angolo (verde); in basso, sotto il cerchio, abbiamo il parametro dato dal rapporto tra accelerazione angolare e la velocita' angolare effettuato sui valori massimi (di picco) e come valore quadratico medio (rms), tali valori sono stati normalizzati in percentuale del valore teorico calcolato con una simulazione computerizzata relativa ad un movimento naturale.

In figura 4 viene data una rappresentazione grafica dei dati relativi ai due test di cui in fig.2 (il n.8 sopra ed il n.66 sotto) e viene dato a sinistra il grafico dei valori dei segnali 3 e 4 (accelerazioni) rispetto al tempo mentra a destra viene mostrata una stima dello spettro di potenza degli stessi segnali normalizzata rispetto allo spettro teorico calcolato con una simulazione computerizzata relativa ad un movimento naturale.

In figura 5 si hanno, per i segnali 1 e 2 (velocita' angolari) gli stessi dati riportati nella figura 4 per il segnali 3 e 4.

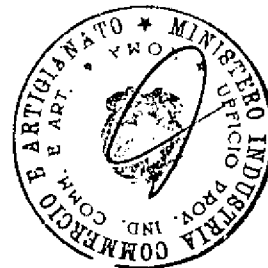


*Cigneto Alessandro*  
*Andrea Pec*

## RIVENDICAZIONI

1) Il sistema, mediante la misura delle velocità ed accelerazioni del bacino, permette di valutare il movimento di tutto il corpo. In particolare si evidenziano valori differenti dei segnali misurati tra passo destro e passo sinistro; inoltre si può valutare la congruenza tra moti verticali ed orizzontali, i quali dovrebbero avere una relazione di causa ed effetto, ed infine si può avere una informazione precisa riguardo lo spettro dei segnali acquisiti fino alle vibrazioni con frequenza di 25 cicli/secondo.

2) Il sistema fornisce, in base ai dati acquisiti, un segnale acustico ed una ricostruzione visiva animata utilizzabili in tempo reale durante l'esecuzione dei test. Durante il test si può utilizzare come riferimento acustico/visivo anche un test precedente.



Cignetti Roberto  
Andrea Peci

RM 97 A 0308

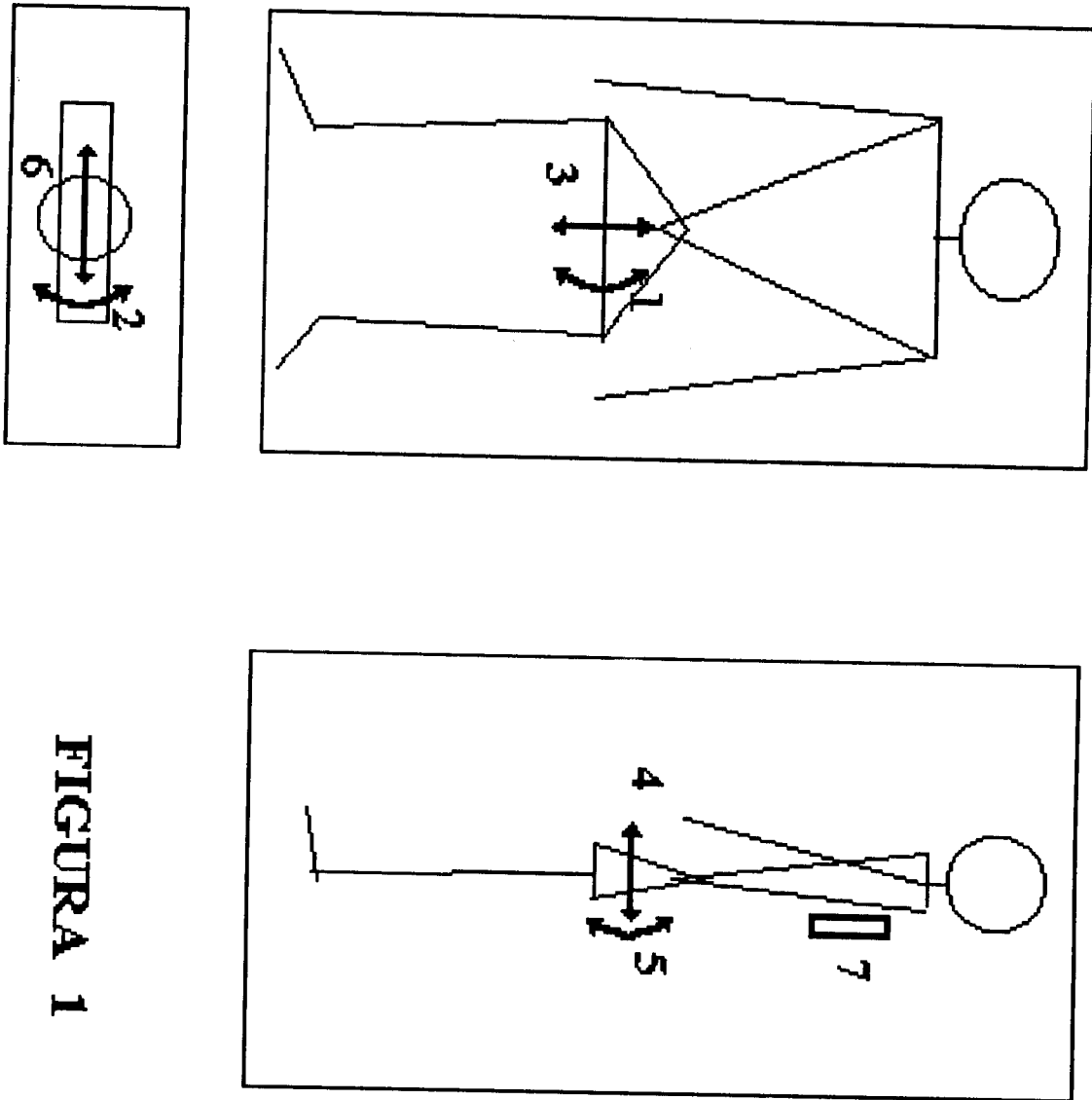


FIGURA 1

Cigarette Assembly  
Andrea Ricci

RM 97 A 0308

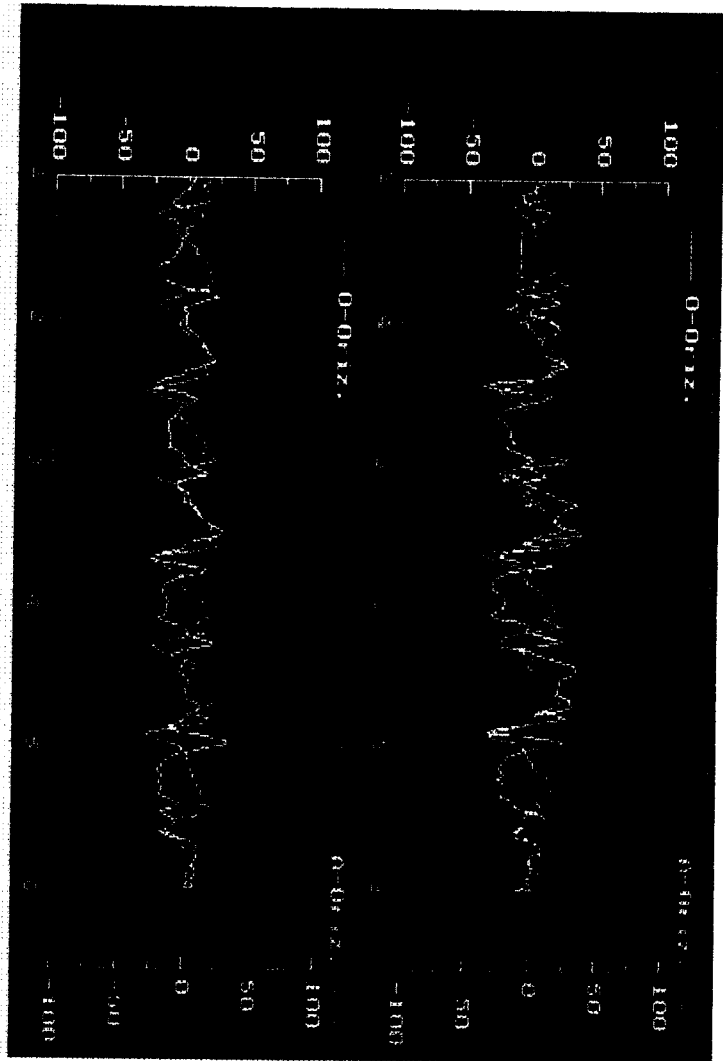


FIGURA 2



*Cigarette Disposal  
Andrea Pao*



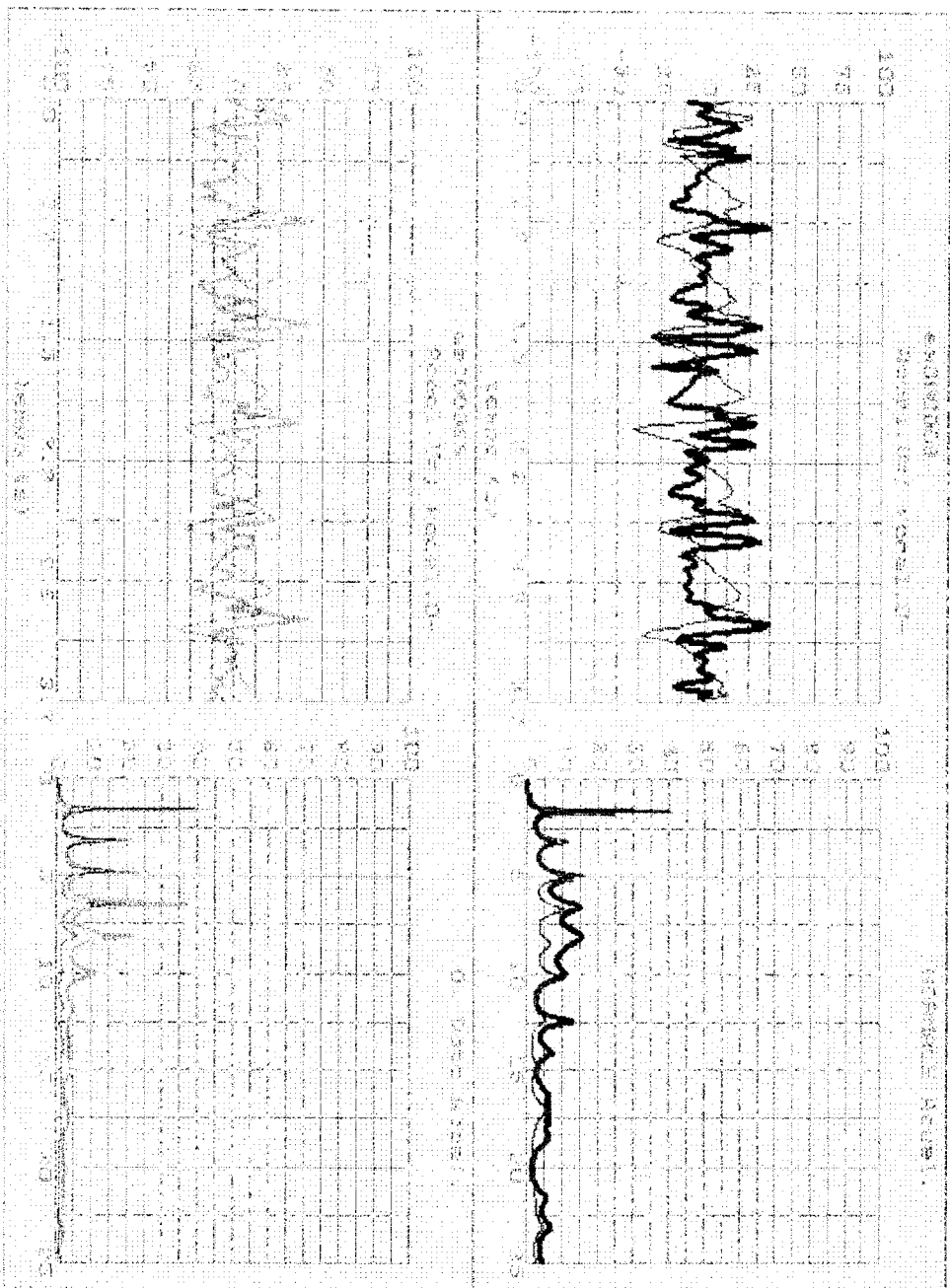
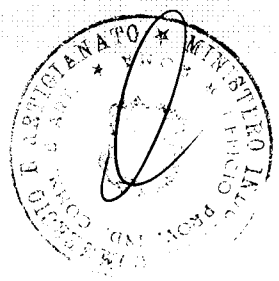


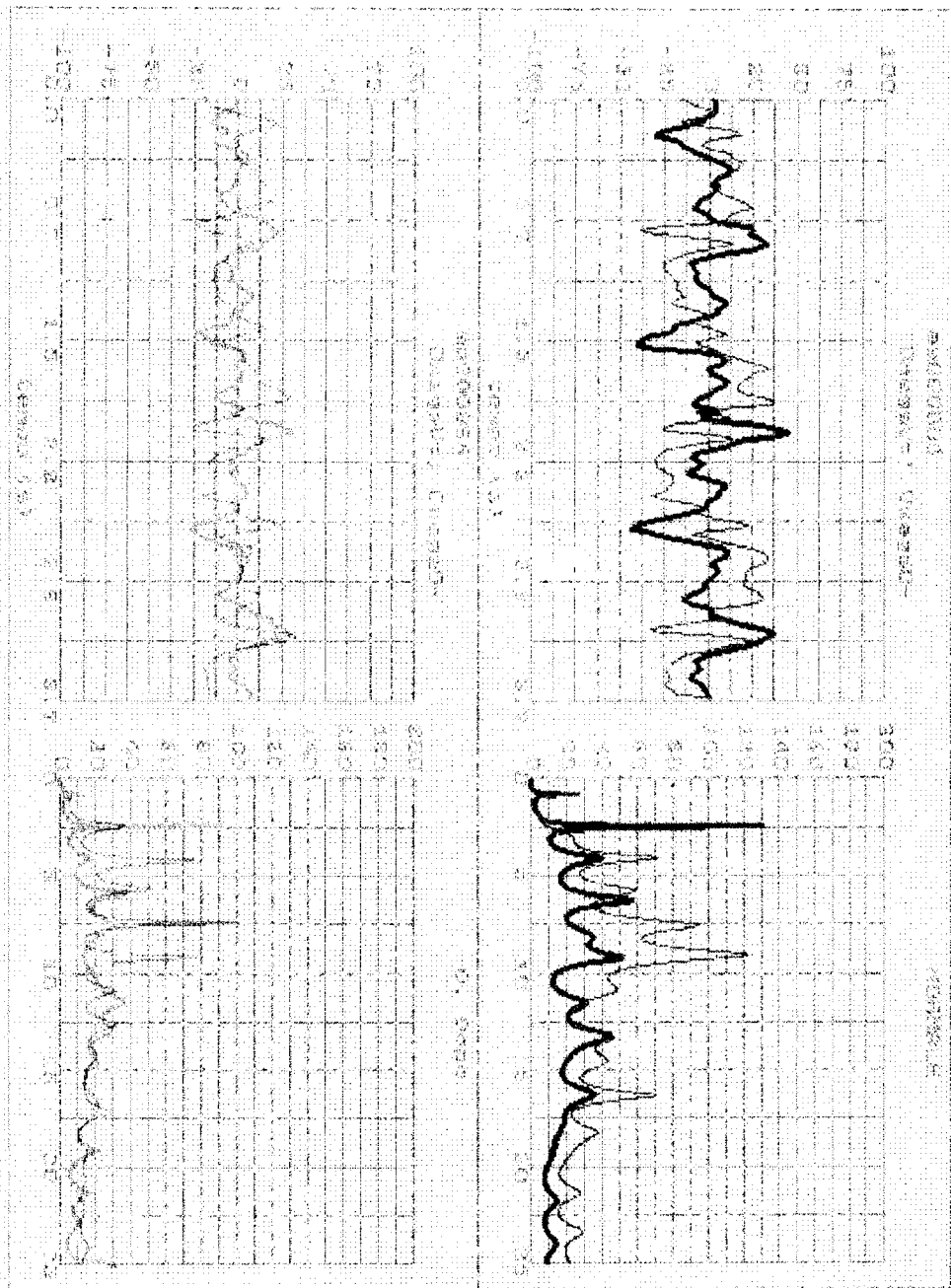
FIGURA 4

RM97A0308

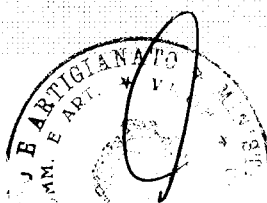


André Souza  
 André Souza

FIGURA 5



R M Q 7 A 0308



Cyretto Alberto  
Anche Poa